Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PLAN DE EFICIENCIA EN EL CONSUMO DE RECURSOS

AUDITORIA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO D3 DEL CAMPUS NORD

2n Pla de Medi Ambient (2002-2005)

PROYECTO FINAL DE CARRERA

Vista aérea del Campus Nord, Barcelona

Projectista: Jesica Ferrer

Tutora: Montserrat Bosch

Convocatoria: Octubre 2011

Resumen

Esta auditoría energética del edificio D3 del Campus Nord de Barcelona, realizada dentro del "Plan de Eficiencia en el Consumo de Recursos (PECR)" del programa de Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Cataluña, propone un plan de acción de medidas de ahorro energético con el objetivo de reducir el consumo energético del edificio.

INDICE

Glosario

NBE	Antigua Normativa básica de edificación
CT-79	Norma básica de edificación NBE-CT79, condiciones térmicas de los edificios.
AT-87	Norma reglamentària d'edificació sobre aïllament tèrmic NRE-AT-87
NBE-CA-88	Normativa básica de construcción en la edificación. Condiciones acústicas en los edificios
CTE	Código Técnico de la edificación
DBHE	Documento básico de ahorro en la edificación.
DBHE1	Exigencias del DBHE.1 Limitación de demanda energética.
DBHE3	Exigencias del DBHE. 2 Eficiencia energética en las instalaciones de iluminación.
DBHR	Documento básico de protección frente al ruido
RITE	Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios
Decreto de ecoeficiència	Decreto promulgado por la Generalitat de Cataluña que regula la adopción ecoeficiencia de criterios medioambientales y de ecoeficiencia de los edificios de nueva construcción.
LIDER	Es la aplicación informática que permite cumplir con la opción general de verificación de la exigencia de Limitación de Demanda del DBHE1.
CITIES	Centre de investigación per la sostenibilitat. UPC
K_G	Transmitancia térmica global del edificio según cálculo de la CT-79
K parciales	Transmitancias térmicas parciales
Hr	Humedad relativa
Ti	Temperatura interior
Text	Temperatura exterior
UGR	Indice de deslumbramiento unificado alcanzado
K	Indice del local utilizado en el cálculo
Fm	Factor de mantenimiento
Em	Iluminancia media horizontal mantenida

Ra	Indices de rendimiento de color de las lámparas
VEEI	Valor de eficiencia energética de la instalación resultante
F_H	Factor solar modificado de huecos
U_H	Transmitancia térmica de huecos
PS, PB, P1, P2, PC	Planta sótano, baja, primera, segunda y cubierta

0 Introducción

El Plan de Eficiencia en el Consumo de Recursos (PECR) de la UPC ha sido realizado con el objetivo de reducir el consumo energético de sus edificios, dentro del programa de Medio Ambiente de la Universidad.

Parte de este estudio lo forman auditorias energéticas de algunos edificios de la UPC. Desde CITIES "Centre Interdisciplinari en Tecnologia, Innovació i Educació per la Sostenibilitat" y a través del "Departament de Construccions Arquitectònques II i de Física Aplicada" de la UPC "Universitat Politécnica de Cataunya" se ofreció a los estudiantes de esta escuela la posibilidad de realizar estos estudios como proyecto fin de carrera.

Los resultados de estas auditorias se recogen en una publicación titulada "TTS Avaluació energètica d'edificis. L'experiència de la UPC, una metodología d'anàlisi" (Ediciones UPC, ISBN 84-8301-861-6).

Desde un principio se propuso una metodología de estudio a todos los estudiantes, partiendo de una exhaustiva toma de datos de las características del edificio y sus instalaciones, de una comparativa entre la demanda energética del edificio y el consumo real del edificio y finalmente una propuesta de mejora, considerando la normativa de edificación nacional y local actual (***CTE DBHE, DBHR, RITE y Decret d'Ecoeficiència***) y antigua (***CT-79, AT87, CA88 y RITE***) así como las posibilidades económicas reales de reforma del edificio.

El ***diagrama de la metodología*** del estudio es el siguiente:

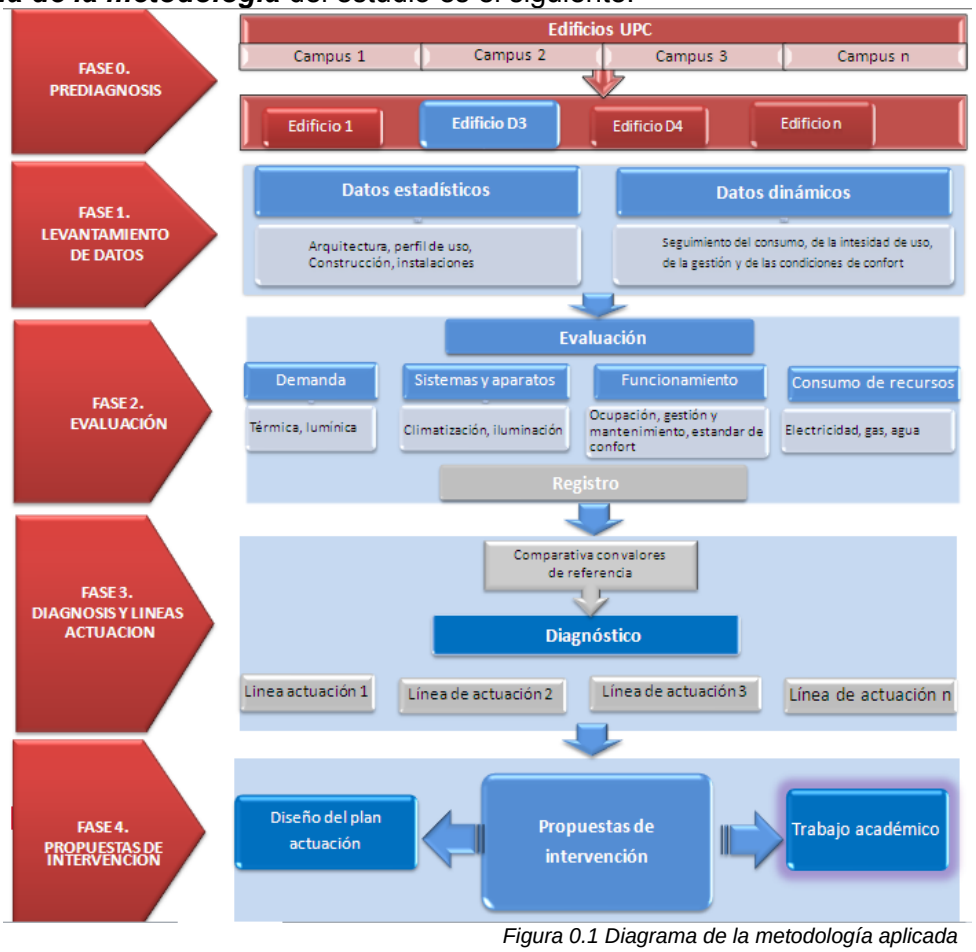


Figura 0.1 Diagrama de la metodología aplicada

En este trabajo académico se ha estudiado el Edificio D3 ubicado en el Campus Nord aplicando la metodología anteriormente descrita.

La Fase 2 de evaluación del edificio es la que ha tomado más tiempo, al haber realizado estudios sobre la demanda térmica, lumínica, gestión y acústica.

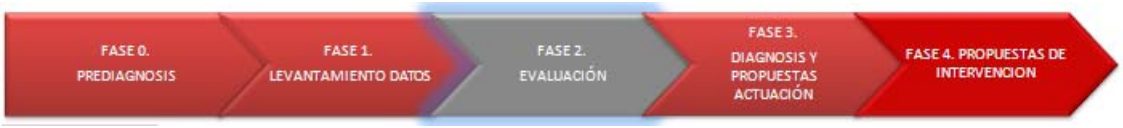


Figura 0.2

Para la evaluación de la demanda térmica se ha hecho el cálculo de la ***demanda energética del edificio*** a partir del ***cálculo manual*** de la U del edificio (K_G) y de la aplicación del ***método simplificado y general*** descrito en el ***DBH del CTE***. En este último, se introduce el edificio en un programa de simulación de libre distribución llamado ***LIDER***, desarrollado por la Universidad de Sevilla para el Ministerio de Vivienda del Gobierno de España. En paralelo se ha simulado el edificio con el programa ***ARCHISUN 3.0.*** desarrollado por la UPC en colaboración con otras universidades europeas para poder valorar mejor el comportamiento térmico del edificio. A nivel autonómico, se ha verificado el cumplimiento del edificio con el ***Decreto de Ecoeficiencia****.

Asimismo, para verificar el comportamiento higrotérmico del edificio se ha analizado el riesgo de formación de ***condensaciones intersticiales y superficiales*** que forma parte de los requisitos del DBHE1. Para su cálculo se ha usado el programa de cálculo ***BUILD DESK U 3.2****.,* aplicando las condiciones del método simplificado del DBHE con una Hr de espacios interiores del 50% y una Ti constante de 20ºC para todos los meses del año. Las temperaturas y humedades relativas medias se han obtenido del "Decret d`Ecoeficiència" y se han contrastado con los datos obtenidos de la estación meteorológica más cercana.

En paralelo se ha calculado con ayuda del Atlas de Radiación de Catalunya y la carta solar estéreo la ***radiación solar*** sobre la ***envolvente*** (fachadas y cubierta) y se han estudiado los elementos de sombreamiento del edificio a través del cálculo del ***factor solar modificado según el DBHE1.***

Se ha verificado que el plan de ***mantenimiento*** de las ***instalaciones de calefacción y*** **climatización** desarrollado por el Departament de Manteniment de la UPC se adecua al ***nuevo RITE*** (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios).

Asimismo se ha comprobado ***las instalaciones de iluminación.*** Se realizado un ***estudio lumínico midiendo in situ*** con ayuda de un luxómetro cada espacio. A posteriori se ha verificado el cumplimiento de las siguientes normativas: ***DBHE·del CTE, EN-12154-1:2002, UNE-72-183-84 y 72-112-85*** límites de acuerdo con la clasificación de la dificultad de tareas que se llevan a cabo en los distintos espacios y de la ***Guía técnica para la evaluación de los riesgos relativos al uso de los distintos lugares de trabajo***. En paralelo se ha aplicado el programa de cálculo ***DIALUX*** que mide la intensidad y deslumbramiento de la luz artificial en dos de las aulas más concurridas.

Por otra parte se ha realizado un ***estudio de sombras del edificio*** usando el programa libre ***Google Sketchup***, el cálculo de sombras arrojadas de los edificios contiguos mediante aplicación del ***DBHE3*** y el cálculo manual con ayuda de la ***carta solar esterográfica*** que permite determinar las horas de sol y sombra mensuales.

Para la evaluación del ***confort acústico*** se ha partido de los valores límite de la reciente normativa acústica DBHR empleando el ***método simple y el general*** usando la ***herramienta informática*** proporcionada por el gobierno para la estimación del ***aislamiento a ruido áereo e impacto*** así como la ***absorción acústica***.

Los valores Ra (Reducción acústica) aplicados a la envolvente y particiones interiores del edificio existente y de las propuestas de mejora son estimaciones acústicas realizadas a partir de ensayos de fabricantes ensayados en laboratorios homologados. La fiabilidad de estos valores es relativa, dado que la calidad de ejecución y de los propios materiales puede desvirtuar en hasta un 50% estos

resultados, dado que los ensayos en laboratorio se realizan a partir de probetas perfectas y sin existencia de puentes acústicos tipo uniones con cerramientos horizontales y verticales que difícilmente se pueden reproducir en obra (transmisiones por flancos, etc.).

Las características técnicas de los materiales se han obtenido bien a partir de la documentación existente, del propio fabricante o bien a través de publicaciones del ***Colegio Superior de Arquitectos de España*** y del ***Instituto Eduardo Torroja***.

Dentro del ***análisis del funcionamiento del edificio***, se ha estudiado la ***ocupación del edificio*** mediante encuestas, toma de datos in situ y realización de tablas de intensidad de ocupación horaria del edificio y de los distintos espacios.

En cuanto al ***análisis del consumo de recursos*** se ha hecho un estudio detallado del ***consumo de electricidad diurno y nocturno, del agua, del gas para calefacción y climatización*** analizando el dimensionado por espacio.

En resumen se han verificado los siguientes aspectos del edificio con el objetivo último de introducir medidas de ahorro energético para poder reducir las emisiones de CO2 y así poder contribuir activamente al cumplimiento del protocolo de Kyoto y protección del medio ambiente:

- Envolvente
- Particiones interiores
- Instalaciones de calefacción, climatización y ventilación
- Iluminación
- Gestión de espacios
- Hábitos de los usuarios
- Diseño del edificio

así como otros aspectos que contempla el decreto de ecoeficiencia y CTE y que contribuyen a la sostenibilidad y habitabilidad del edificio como por ejemplo:

- Ahorro de agua
- Acústica
- Tratamiento de residuos
- Movilidad o acceso al edificio
- Barreras arquitectónicas / Accesibilidad
- Integración en el entorno
- Materiales y sistemas de construcción

Las propuestas de mejora se han realizado sabiendo que el presupuesto disponible es mínimo y sugiriendo las más beneficiosas desde un punto de vista medioambiental.

Jesica Ferrer
jesica.ferrer@eco-union.org

1 Levantamiento de datos

1.1 Antecedentes y documentación previa

Para la realización de la auditoria energética he contado con documentación previa como alzados y plantas en formato electrónico, planos en papel del proyecto ejecutivo con algunas secciones y detalles de carpinterías e instalaciones que se encontraban en el archivo de la UPC. He contrastado esta información con la realidad, al haberse realizado alguna modificación durante la construcción y a lo largo de la vida útil del edificio.

Durante el período de levantamiento de datos realicé dos visitas al edificio, acompañada por Juan de Dios, técnico del departamento de mantenimiento de la UPC, para poder acceder a los espacios destinados a instalaciones, como el cuarto del ascensor, calefacción y cubierta invertida donde se encuentran los condensadores correspondientes al aire acondicionado, contador de gas, células fotosensibles para medir la radiación solar del norte y sur del edificio.

A través de Carlos Quiñones, responsable del departamento de mantenimiento de la UPC, pude acceder a información sobre la gestión y mantenimiento de las instalaciones de calefacción del edificio. El resto de datos sobre instalaciones de agua, gas y calefacción los recogí in situ al no existir una base de datos o inventario previos.

Con ayuda de la conserje del edificio, tuve la posibilidad de acceder a todos los laboratorios y aulas que se encontraban cerrados fuera de horario lectivo.

En posteriores visitas en distintas épocas del año pude observar el entorno, usuarios, uso, mantenimiento y el comportamiento térmico del propio edificio.

1.2 Datos estáticos y dinámicos

1.2.1 Características del edificio y del entorno

Clima y ubicación

El clima en Barcelona es del tipo mediterráneo. El clima mediterráneo se da entre los 30º y los 45º de latitud y en el oeste de los continentes. Se caracteriza por tener inviernos húmedos y suaves, mientras que los veranos son secos. Las estaciones más lluviosas son las intermedias, otoño y primavera. Lo más significativo del clima son los tres o cinco meses de aridez en el verano; cuando está bajo el dominio del anticiclón subtropical. Hay pocos días con temperaturas extremas, de frío o calor, por eso las medias anuales máximas y mínimas en Barcelona son moderadas, propias de un clima mediterráneo suave.

	Tmin	Tmed	Tmax	Hmin	Hmed	Hmax	PPmin	PPmed	PPmax	Vmed	Vmax	Pmin	Pmed	Pmax
ENERO	1,0	7,3	11,700	54,8	80,7	96,4	0,000	0,097	0,625	5,1	10,7	1007,8	1019,8	1029,5
FEBRERO	3,8	7,4	12,000	59,1	70,7	85,3	0,000	0,011	0,187	4,3	7,3	1001,4	1014,5	1024,1
MARZO	3,8	10,4	16,100	51,4	73,3	99,1	0,000	0,010	0,258	4,2	7,7	994,9	1013,9	1055,3
ABRIL	9,3	13,3	17,800	45,6	71,0	88,6	0,000	0,030	0,038	4,1	7,5	989,5	1014,3	1076,4
MAYO	14,0	18,4	25,700	30,0	64,7	84,0	0,000	0,000	0,000	3,5	4,7	992	1020,3	1082,6
JUNIO	16,3	21,3	26,600	51,5	63,7	81,0	0,000	0,010	0,021	3,6	5,7	909,1	1013	1079,8
JULIO	22,8	26,6	29,900	34,7	57,0	77,7	0,000	0,000	0,000	3,9	6	864,2	1015,3	1085,1
AGOSTO	17,9	22,3	27,000	62,1	71,8	93,0	0,000	0,033	0,675	4,7	7,7	992,1	1015,5	1066,7
SEPTIEMBRE	16,4	20,5	24,200	51,8	80,9	98,5	0,000	0,109	1,938	3,9	6,7	987,9	1012,8	1020,3
OCTUBRE	15,8	18,0	22,400	67,8	83,0	99,8	0,000	0,026	0,304	4,3	5,5	991,5	1012,8	1024,3
NOVIEMBRE	10,6	13,9	16,500	59,0	77,1	97,2	0,000	0,010	0,021	4,4	6,9	938,2	1012,1	1025,6
DICIEMBRE	5,7	9,5	14,900	34,0	70,0	98,3	0,000	0,026	0,467	5,8	8,4	1002	1017,2	1029,3

Tabla 1.1: Extracto de archivo de datos metereológicos Ashrae (Anexo 1.2.1.3)

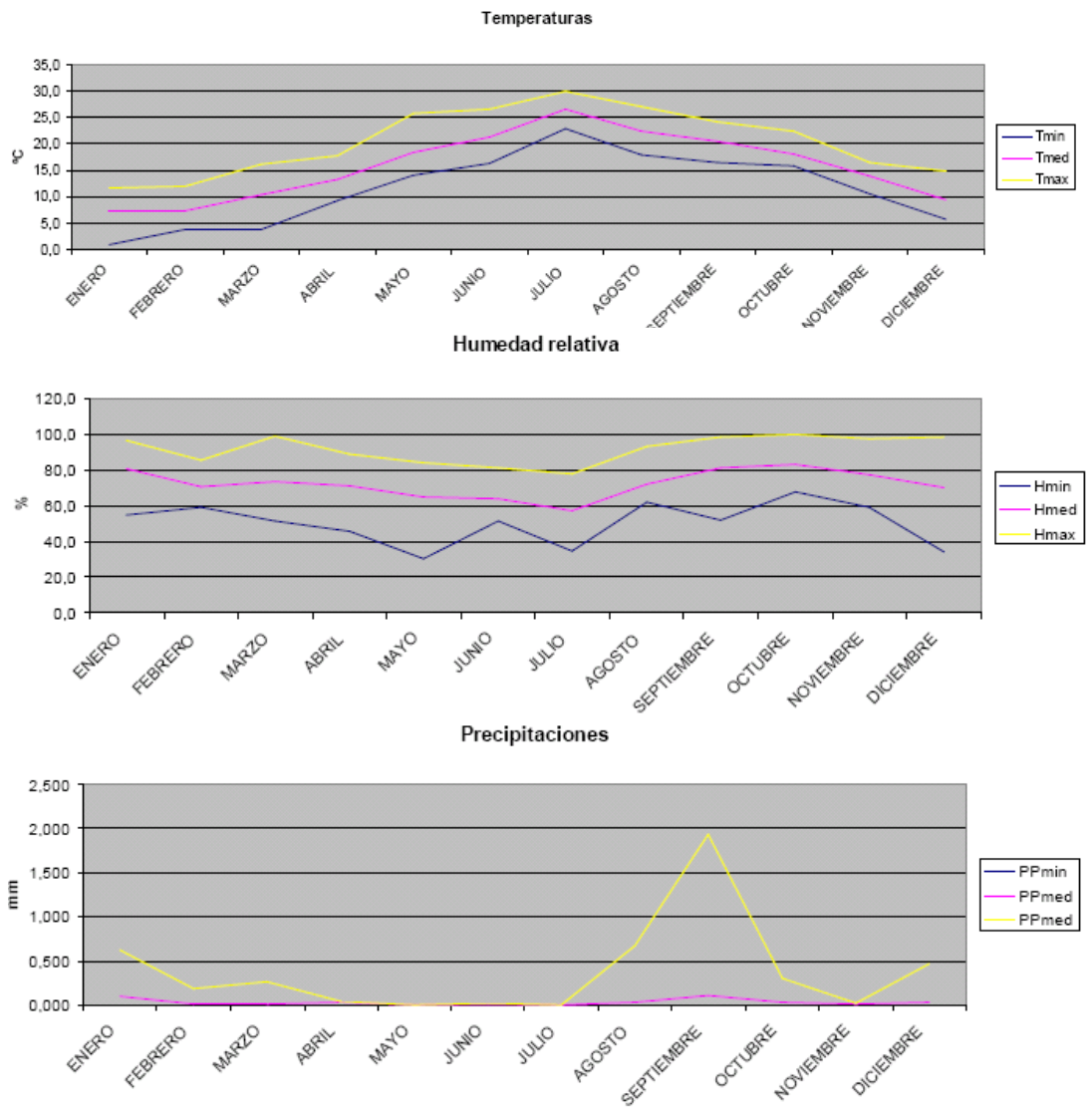


Figura 1.1: Gráficas de temperaturas, humedad relativa y precipitaciones en Barcelona 2010

En Barcelona la media anual de días de lluvia es de 90 días. No obstante, es importante matizar que los días enteros de lluvia y completamente cubiertos son menos habituales que en el clima continental. No es habitual encadenar varios días de lluvia seguidos. Las tormentas de verano pueden ser fuertes, pero cortas, y tras un cielo cubierto, en poco tiempo vuelve a lucir el sol.

El Campus Nord está ubicado en la zona noroeste de Barcelona, en particular en la ladera sur de Collserola, por lo que está protegida de vientos del Norte. Por estar situado en una zona de densidad edificatoria menor, lejos del centro urbano y por estar a una altura aproximada de 44 m sobre el nivel del mar, hay una ligera variación de la humedad relativa media, así como unos 2 a 3 grados menos de temperatura.

Figura 1.2. Foto satélite del área metropolitana de Barcelona (Google Earth)

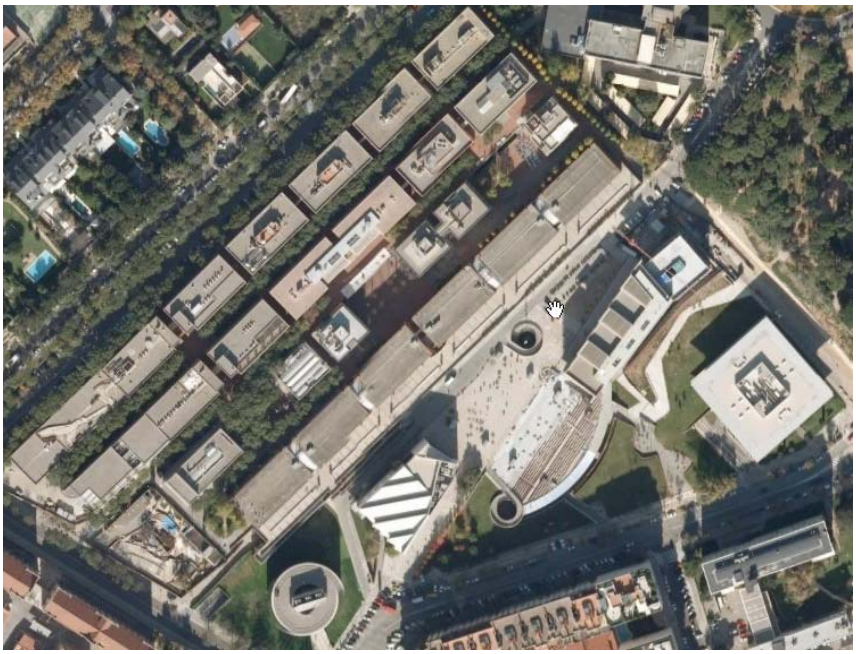


Figura 1.3.: Fotos satélite del Campus Nord, Barcelona (Google Earth)

Ubicación y entorno

Todos los edificios del Campus Nord que lindan con la calle Sor Eulalia de Anzizu se encuentran a unos 5 m por debajo de la rasante de la calzada, por lo que quedan algo protegidos del viento del norte gracias a este desnivel. En las imágenes se puede apreciar como las acacias de hoja caducifolia plantadas en la parte norte del edificio proveen sombra en los meses de primavera y verano.

Figura 1.4. Vista NO del edificio

Figura 1.5. Vista NE de la calle Sor Eulalia de Anzizu

El edificio D3 está destinado a uso docente e investigación en el ámbito de las Telecomunicaciones y tiene una capacidad aproximada para unas 300 personas. Fines de semana, festivos y durante períodos de vacaciones (Navidades, Pascua y verano) el edificio queda cerrado.

Está situado en la zona norte dentro del recinto del Campus Nord y linda por su lado derecho con el edificio D4 y por su lado izquierdo con el D2. El desnivel del terreno provoca que la planta sótano esté enterrada por su lado norte y semienterrada por su lado sur.

El edificio dispone de 4 plantas (PS+PB+P2) de aproximadamente 740 m^2 cada una formando un volumen rectangular. El acceso principal al edificio es único y se realiza por la cara norte. El núcleo está formado por una caja de escalera, lavabos, ascensor y cuarto de instalaciones. En el lado norte se encuentran despachos mientras que en el lado sur los espacios están destinados a aulas, salas de estudio y laboratorios. El acceso a todos estos espacios se realiza a través de un pasillo central que comunica con las dos escaleras. La cubierta plana es invertida y la planta sótano semienterrada por la inclinación del terreno.

El sistema constructivo del edificio es a partir de pórticos transversales formados por pilares (fachada norte y sur) y muros de hormigón (núcleo). En las fachadas hay un juego de texturas que se ha conseguido a través del uso de ladrillo rojo perforado visto y ladrillo hueco doble sin revocar. Rectángulos de ladrillo hueco doble enmarcados por pilares de ladrillo perforado visto se alternan con las ventanas de idéntico tamaño en la fachada norte y sur.

En las fachadas este y oeste una franja vertical continua formada por ventanas graduables provee luz a la escalera. En la planta baja de la fachada oeste se ha empleado pavés como cerramiento.

Las fachada principal tiene una orientación de N42O. Los despachos de la P1 y P2 que dan a esta fachada disponen de suficiente radiación solar en verano pero deficiente en invierno. Los espacios que dan a la fachada posterior con orientación S42O ubicados en la primera y segunda planta disponen de radiación solar prácticamente todo el año. Las acacias de hoja caduca plantadas en el lado sur y norte del edificio ofrecen protección a estas dos fachadas. Las acacias del lado noroeste de 30 años de edad proveen sombra en toda su altura y anchura, mientras que las de la fachada SE lo harán dentro de los próximos 10 años. La fachada oeste le falta protección solar en sus 3 plantas expuestas a la radiación solar.

En las distintas visitas realizadas durante el año al edificio he detectado que la planta con mayores problemas térmicos es la última planta, dado el insuficiente aislamiento térmico colocado en cubierta, el escaso sombreamiento y el no haber aplicado la ventilación cruzada estando el edificio perfectamente orientado para este efecto (NO-SE).

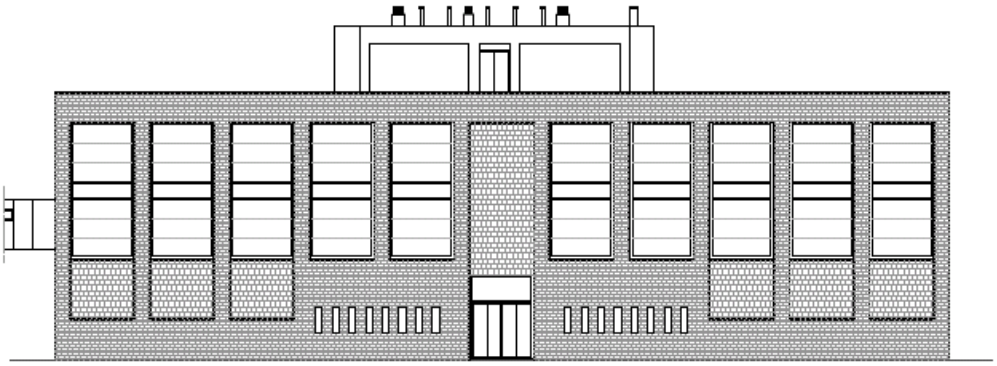


Figura 1.6. Alzado NO

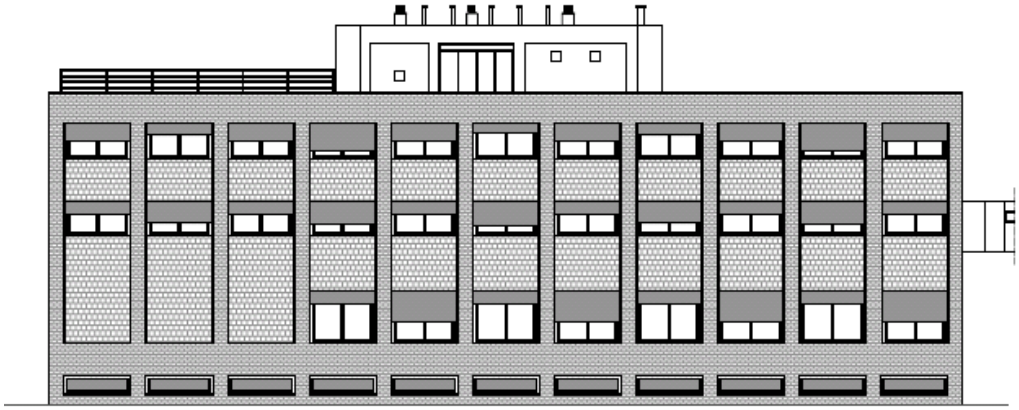
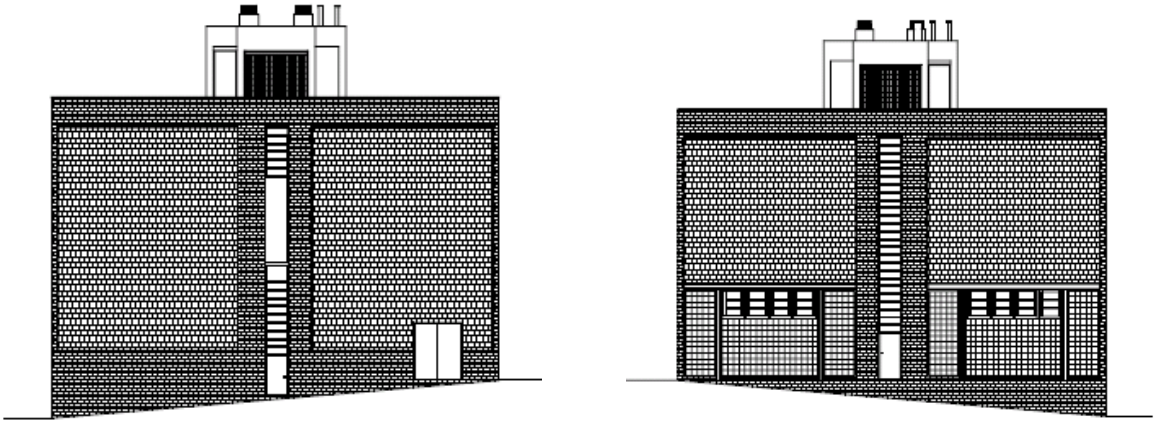


Figura 1.7. Alzado SE



Figuras 1.8 y 1.9 Fachada NE y SO

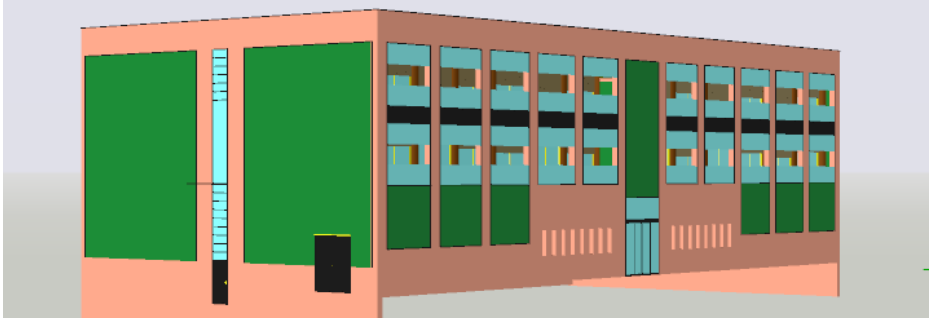


Figura 1.10 Vista fachada NE y NO

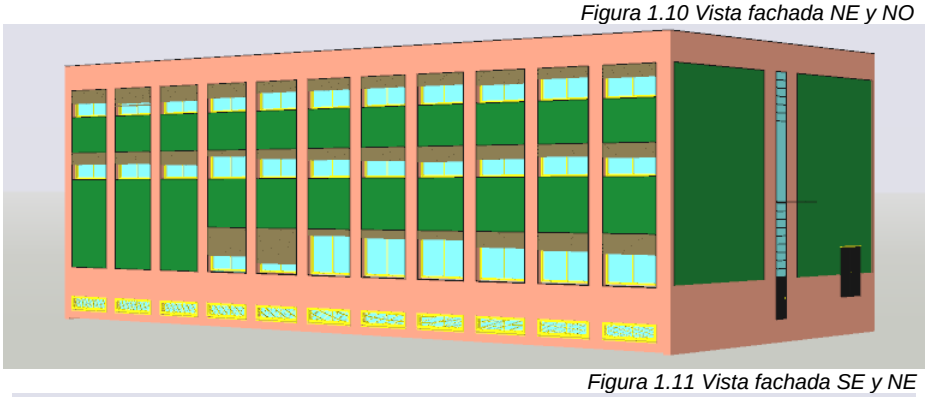


Figura 1.11 Vista fachada SE y NE

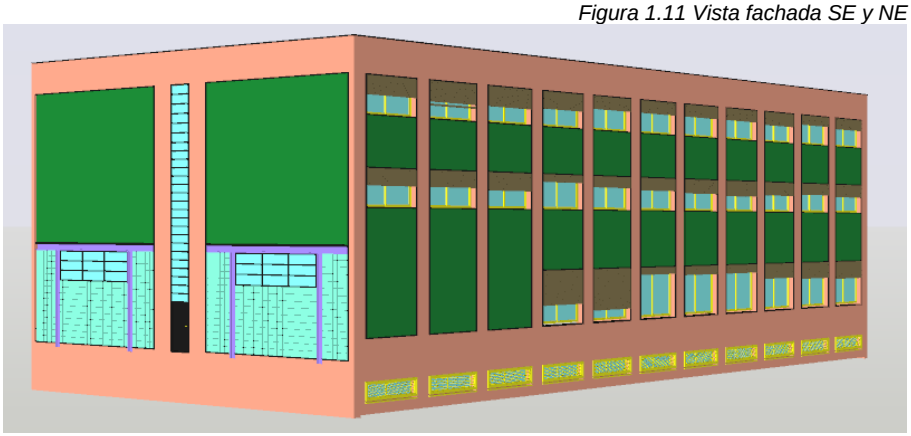


Figura 1.12 Vista fachada NO y SO

Uso del edificio

En este edificio coexisten diferentes tipos de usuarios y en consecuencia diferentes intensidades y hábitos de uso del edificio.

El usuario puntual: el estudiante o titulado universitario que viene tres mañanas o tardes por semana.

El usuario continuo: el estudiante que de forma intensiva pasa 10 horas diarias realizando su PFC o tesis doctoral en el aula informática, laboratorios de investigación.

El usuario a tiempo parcial: personal docente con horarios laborales variables. Pasa una media de 5 a 8 horas diarias en el edificio entre su despacho, aulas o laboratorios de investigación.

Figura 1.13 Despacho tipo, aula, laboratorio PB y laboratorio PS

En los siguientes gráficos de reparto por m2 y tipo de espacio demuestran que la actividad principal es de investigación con un ***20% de laboratorios y 34% de despachos,*** mientras que y las **aulas lectivas** representan un **14%**. La altura de techo de los laboratorios es mayor que la de los despachos por cuestiones de seguridad, por lo que necesitarán más energía para ser calefactados. El hecho que se encuentren en su mayoría en la planta sótano, minoriza el gasto energético para su calefacción y climatización. En efecto los laboratorios no disponen de aire acondicionado, solamente de un sistema de ventilación forzada.

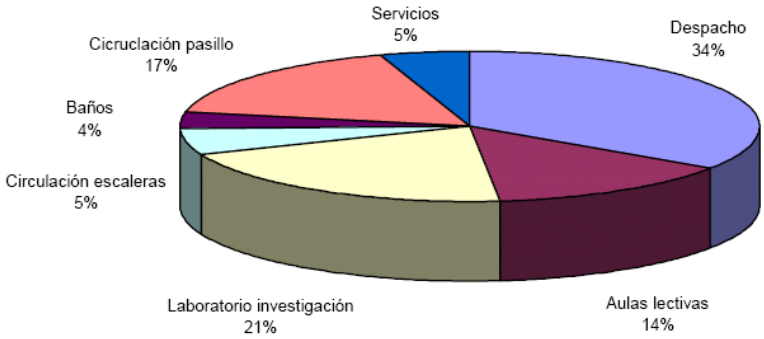


Figura 1.14 Distribución porcentual en m2 por tipo de espacio

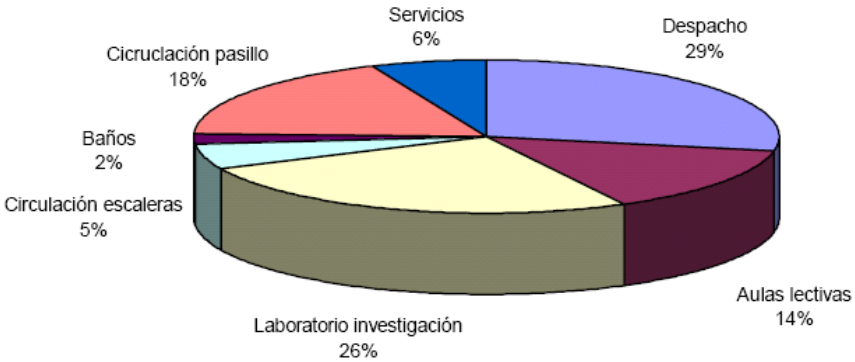


Figura 1.15 Distribución porcentual en m3 por tipo de espacio

Distribución del espacio

La planta sótano está destinada a laboratorios de acústica, óptica y mecánica. La cámara anecoica y demás espacios destinados a la realización de ensayos acústicos están ubicados en el lado norte, bajo nivel del suelo, mientras que los laboratorios ópticos y de mecánica están en el lado sur, con un mínimo de oberturas que permiten la ventilación e iluminación natural.

Las zonas de servicios (pasillo, baños, ascensores y cuartos de instalaciones) ocupan el centro del edificio y las cajas de escalera los lados este y oeste. Por su lado este el

edificio está conectado entre la segunda y tercera planta a través de un pasarela cubierta con el edificio D2.

Las aulas se encuentran en el lado SE de la planta baja y los laboratorios de prácticas de medición óptica en el lado SO junto a la caja de escalera.

Las plantas segunda y tercera siguen una estructura casi idéntica. En los laterales de la fachada sur de la segunda planta se sitúan las aulas de PFC y el centro hay una gran aula informática destinada al mismo uso.

Los despachos del equipo docente se encuentran en la zona norte y el cuarto de impresoras centrado respecto a estos.

La tercera planta sigue la misma distribución, con la diferencia que el laboratorio de telecomunicaciones y sus respectivos despachos ocupan prácticamente la totalidad de la fachada sureste.

Finalmente la planta cubierta alberga el cuarto de calderas y el observatorio. En el lado este y oeste de la cubierta invertida se han colocado las condensadoras del equipo de aire acondicionado y antenas y radares correspondientes al laboratorio de medición.

Distribución en planta

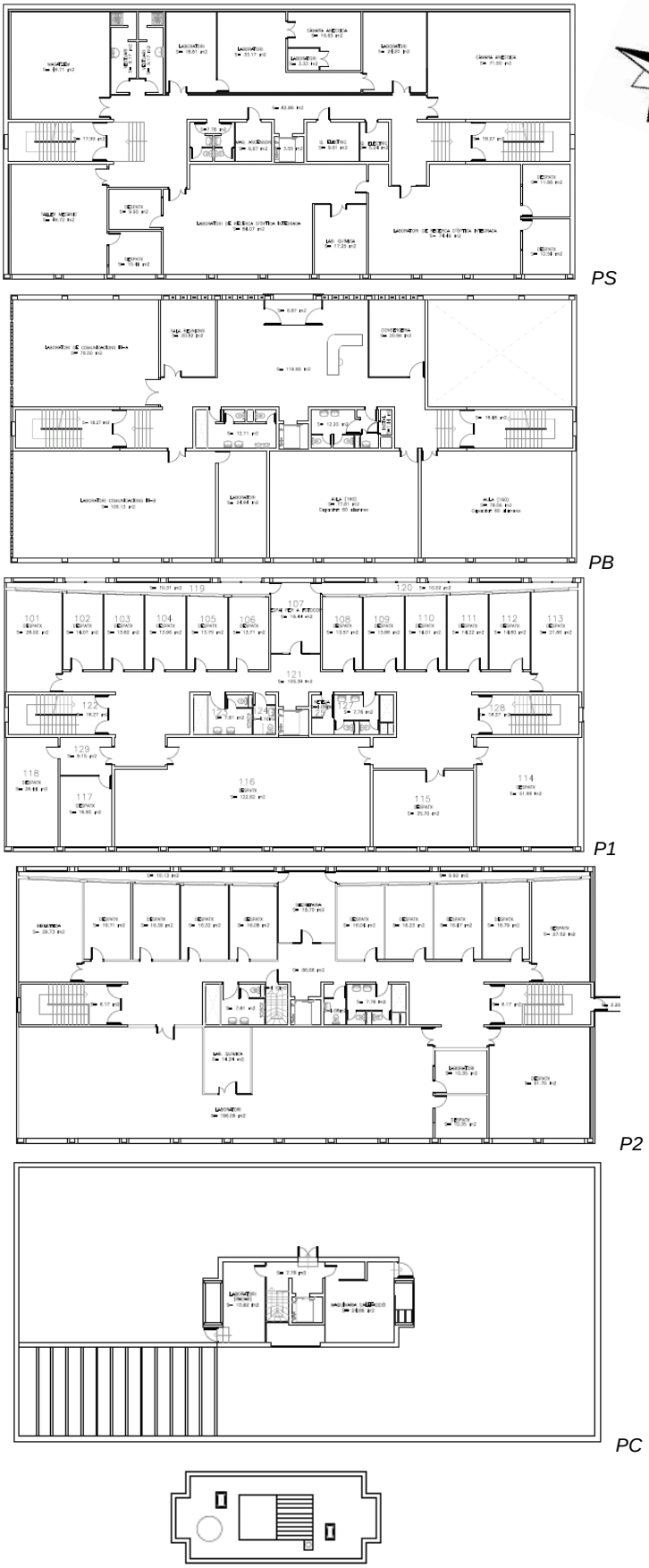


Figura 1.15 Distribución en planta

1.2.2 Características de los sistemas

Para poder realizar el inventario de todos los elementos que consumen energía en cada una de las estancias que integran el edificio he utilizado la siguiente ficha tipo, en la que se recogen elementos y aparatos de iluminación, refrigeración, calefacción, medición, ordenadores y otros. Asimismo aparece la superficie y el número medio de usuarios por día.

Espacio		Superficie:	13,82
Codigo Nº:	103		

Uso del espacio:	Despacho
Nº de Usuarios habituales:	1

1. ILUMINACION			
Elemento	Cantidad	Potencia (W)	Tipo/Modelo
a. Fluorescente	2	116	58W/33
b. Incandescente	1	60	Flexo
c. Halógenos			
d.			
e.			
f.			
	Potencia total:	0,18Kw	

2. FUERZA			
Elemento	Cantidad	Potencia (W)	Tipo/Modelo
a. Ordenadores	2	800	400W
b. Impresoras,scanner			
c. Calentadores			
d.			
e.			
f.			
	Potencia total:	0,80Kw	

3. ACONDICIONAMIENTO CLIMATICO - Generación de Calor			
Elemento	Cantidad	Potencia (W)	Tipo/Modelo
a. Radiadores	1	1062	P600 2
b. Bomba de calor			
c. Fan Coil			
d. Rejilla equipo centralizado			
e. Equipo autónomo			
f.			
	Potencia total:	1,06Kw	

3. ACONDICIONAMIENTO CLIMATICO - Generación de Frio			
Elemento	Cantidad	Potencia (W)	Tipo/Modelo
a. Bomba de calor/frio			
b. Split	1	700	Fujitsu
c. Fan Coil			
d. Rejilla equipo centralizado			
e. Equipo autónomo			
f.			
	Potencia total:	0,70Kw	

Figura 1.16 Ejemplo de ficha tipo

Electricidad

El Campus Nord dispone de 5 transformadores destinados a garantizar el suministro constante de electricidad al campus universitario. Desde hace unos años se puede leer el gasto de electricidad en tiempo real a través de internet, por lo que se han podido conseguir los consumos exactos de los últimos 4 años de este edificio.

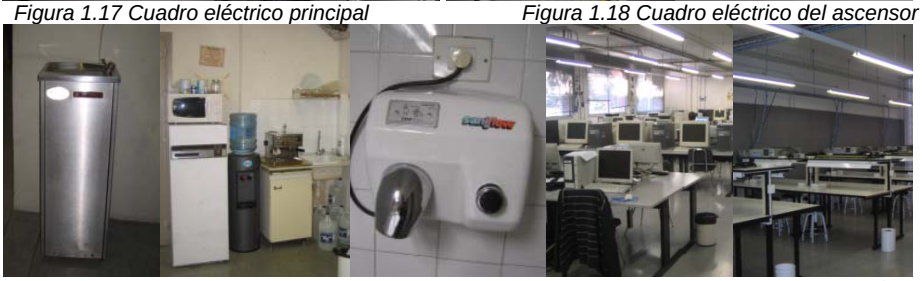
Durante la toma de datos se han dividido los elementos que consumen electricidad en iluminación, refrigeración, maquinaria pesada, de medición y consumibles.

En la planta sótano se encuentran los laboratorios con la maquinaria más pesada (laboratorio de mecánica) y los laboratorios de óptica y acústica que utilizan equipos de mediciónde alta precisión. Todos estos laboratorios utilizan la maquinaria de forma esporádica. La energía que requiere el equipo de mecánica así como el ascensor es trifásica, por lo que también se ha contabilizado energía reactiva.

En las PB abundan equipos de medición, en P1 ordenadores potentes para estudiantes de doctorado y postdoctorado y finalmente en la P2 nos encontramos una mezcla de ordenadores, equipos de medición y hornos de alta potencia.

Figura 1.17 Cuadro eléctrico principal

Figura 1.18 Cuadro eléctrico del ascensor



Figuras 1.19 Fuente, equipo de cocina, secamanos, ordenadores y equipos de medición

Planta	Potencia (kWh)	Tipo maquinaria	Uso
Planta sótano	35,1	Medición, maquinaria pesada (trifásica)	Esporádico
Planta baja	8,8	Ordenadores, medición	Frecuente
Planta primera	6,8	Servidor, ordenadores	Diario
Planta segunda	19,9	Hornos, medición, ordenadores	Esporádico y diario
Total:	**70,5 kWh**		

Tabla 1.2. Resumen potencia equipos electrónicos

En el cálculo del consumo estimado de los equipos de potencia se han aplicado importantes factores de reducción dada la existencia de maquinaria de gran consumo energético pero cuyo uso es esporádico.

Calefacción

El sistema de calefacción del edificio es centralizado y está distribuido en tres circuitos, uno que discurre por la zona sur, otro por la norte y el último por la parte central del edificio. En el esquema se diferencian bombas primarias de impulsión y bombas secundarias de recirculación del agua.

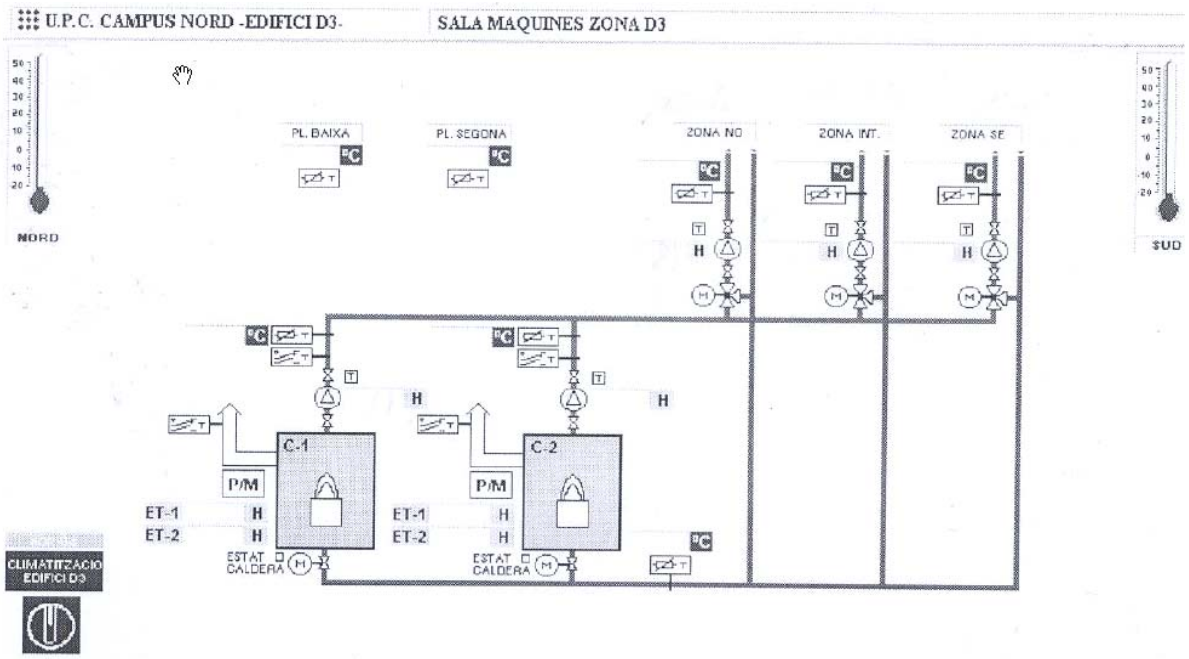


Figura 1.20 Vista del sistema de calefacción del edificio D3 del programa de control del Departament de Mantenimient

Para el control y mantenimiento del sistema de calefacción, el "Departament de Manteniment del Campus Nord" dispone de un programa que permite realizar un seguimiento remoto, centralizado el funcionamiento de los edificios. Este programa permite la puesta en macha de equipos de calefacción, establecimiento de horarios, programación de temperaturas de consigna y fijación de alarmas).

La temperatura de consigna del edificio D3 es de 21,5ºC. Si la temperatura exterior del edificio supera los 18ºC, el sistema de calefacción se para automáticamente.

Varias sondas determinan la temperatura del edificio, una exterior colocada en la fachada norte y las demás interiores colocadas en los pasillos de cada planta. El horario de funcionamiento del sistema es de 7 a 21 h de lunes a viernes, mientras que fines de semana y festivos está parada la calefacción.

El plan de mantenimiento del sistema de calefacción consiste en verificar el correcto funcionamiento de las bombas anualmente y la limpieza de los quemadores de las calderas de gas una vez al año. Normalmente se realiza en el mes de octubre y por una empresa especializada. Así mismo, para garantizar la perfecta circulación y presión del sistema hay que purgar los radiadores periódicamente y aportar agua al sistema en caso de fugas en el sistema.

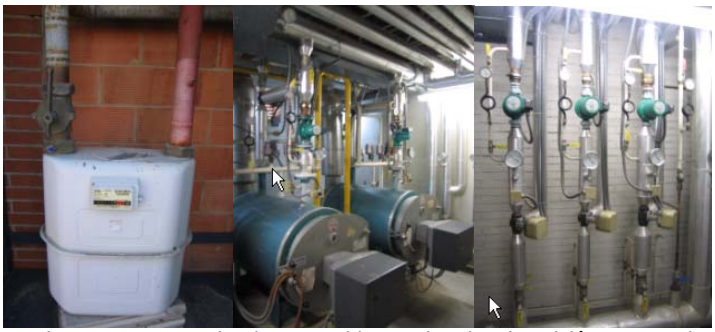


Figura 1.21 Contador de gas, calderas y bombas impulsión del cuarto de máquinas

Figura 1.22 Sonda exterior de T

Los radiadores de la zona norte y sur son planos mientras que los de la zona central son de fundición. La distribución de los radiadores es coherente, ya que en su mayoría están colocados debajo de las ventanas, no obstante en algunos de los despachos de la P1 y P2, así como en el laboratorio de la P2 la convección del aire está obstaculizada por las mesas de trabajo, evitando así la distribución del aire caliente en todo el espacio.

Figura 1.23 Radiadores planos y de fundición

Figura 1.23 Distribución correcta del mobiliario

Figura 1.24 Distribución incorrecta del mobiliario

La ***distribución de radiadores*** es la siguiente:

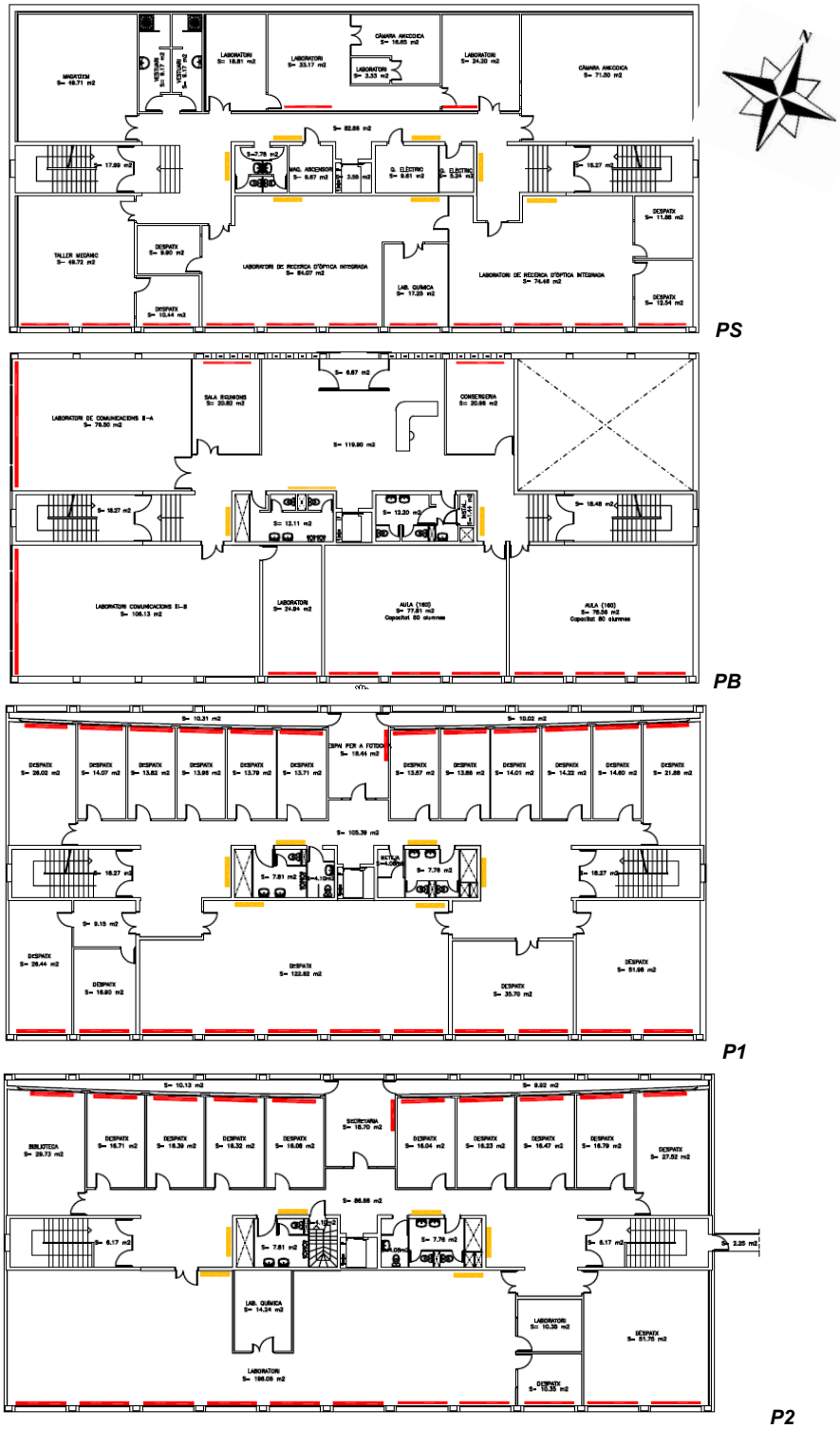


Figura 1.25 Distribución de radiadores planos y de fundición

Radiadores planos

Radiadores de fundición

Climatización

El sistema de refrigeración es individual y funciona mediante splits individuales. La mayoría de pared son del fabricante Daikin o Fujitsu, mientras que los de techo son mayoritariamente de la casa Mitsubishi Electric. Las condensadoras se encuentran en cubierta en el lado este y oeste del edificio, junto a la caja de escalera.

Tipo	Fabricante	Potencia
Pared	Fujitsu	2700 W
Techo	Mitsubishi Electric Mitsubishi Electric	5090 W 9080 W

Tabla 1.3 Potencia de unidades evaporadoras de aire acondicionado

Cada espacio dispone de un termostato mediante el cual puede graduar la temperatura. Desde el *Departament de Manteniment* se realizan una serie de paradas del sistema de aire acondicionado a lo largo del día mediante el apagado y encendido de unos contactores para tener un control mínimo sobre el consumo de aire acondicionado. De esta manera se evita que los equipos se queden encendidos sin control. En el espacio donde está ubicado el servidor en los meses de calor siempre queda encendido el aire acondicionado para evitar un recalentamiento del sistema.

Se realiza un mantenimiento periódico de los aparatos de aire acondicionado una vez al año, normalmente antes de los meses de calor.


Figura 1.26 Equipos exteriores ubicados en el lado este y oeste del edificio.

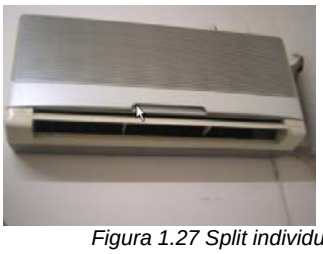


Figura 1.27 Split individual

L

Edifici	Ubicació	Zona	Equip	Marca	Model
D3	Sala calderes	Edifici	Caldera	Ygnis Iberica	NA]100
D3	Sala calderes	Edifici	Caldera	Ygnis Iberica	NA]100
D3	Coberta	102/103	Equip Auton	Fujitsu (2)	AOY19ABSF2
D3	Coberta	101/104	Equip Auton	Fujitsu (3)	AOY19ABSF2
D3	Coberta	105/106	Equip Auton	Fujitsu (4)	AOY19ABSF2
D3	Coberta	204/205	Equip Auton	Fujitsu (5)	AOY19ABSF2
D3	Coberta	203/206	Equip Auton	Fujitsu (6)	AOY19ABSF2
D3	Coberta	213	Equip Auton	Mitsubishi Electric	PUH]6YJSA
D3	Coberta	116	Equip Auton	Mitsubishi Electric	PUH]5YJSA
D3	Coberta	213	Equip Auton	Mitsubishi Electric	PUH]6YJSA
D3	Coberta	S107	Equip Auton	Mitsubishi Electric	MU]30RV
D3	Coberta	110/112	Equip Auton	Fujitsu (3BIS)	AOY19ABSF2
D3	Coberta	207/208	Equip Auton	Fujitsu (4BIS)	AOY19ABSF2
D3	Coberta	209/211	Equip Auton	Fujitsu (5BIS)	AOY19ABSF2
D3	Coberta	117/118	Equip Auton	Fujitsu (7)	AOY19ABSF2
D3	Coberta	210/212	Equip Auton	Fujitsu (8)	AOY19ABSF2
D3	Coberta	108/109	Equip Auton	Fujitsu (9)	AOY19ABSF2
D3	Coberta	S103	Equip Auton	Lince (1C)	
D3	Coberta	S104	Equip Auton	Lince (2C)	
D3	Coberta	107	Equip Auton	Mitsubishi Electric	MUCF]2YNV
D3	Coberta	114	Equip Auton	Mitsubishi Electric	MUCF]2YNV
D3	Coberta	115	Equip Auton	Mitsubishi Electric	PU]P125YHA
D3	Coberta	115	Equip Auton	Mitsubishi Electric	PU]5YJSA
D3	Coberta	116	Equip Auton	Mitsubishi Electric	PU]5YJSA
D3	Coberta	301	Equip Auton	Daikin Indusries (1	AR35AV1B

Figura 1.28 Inventario de condensadores de aire acondicionado

Espacios climatizados y no climatizados:

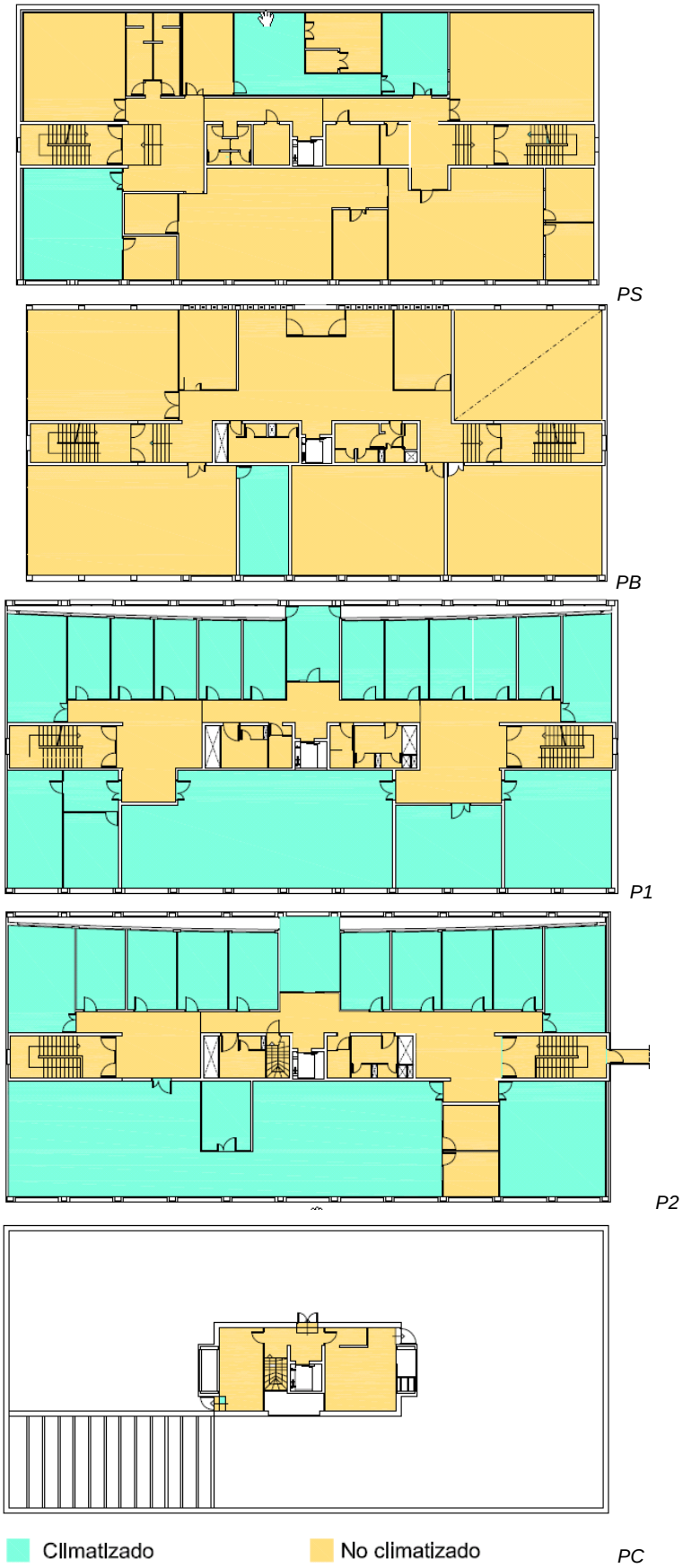


Figura 1.29 Inventario de condensadores de aire acondicionado

En la Figura 1.29 se puede apreciar los espacios que no están climatizadas como por jemplo los pasillos, baños y las aulas ubicadas en PB y laboratorios de la PS. En las aulas tipo taller, en el lado oeste de la PB, la temperatura ambiente en verano es excesiva por lo que sería conveniente ampliar la superficie de ventanas abatibles y protecciones pasivas para combatir la radiación solar. En P2 la temperatura del laboratorio en verano es excesiva por el escaso aislamiento térmico y dado que la cubierta no es ventilada.

Iluminación

En la toma de datos se ha prestado especial atención a la iluminación, midiendo con ayuda de un luxómetro la intensidad lumínica de cada estancia para contrastar las mediciones con los niveles exigidos por normativa y de acuerdo con la ley de protección de salud laboral.

Se ha podido comprobar que los espacios cumplen con la normativa metropolitana de Barcelona en cuanto a la relación de superficie de ventilación respecto a superficie construida. Los espacios que no disponen de oberturas directas al exterior tienen un uso esporádico para el que no hace falta luz natural, como por ejemplo almacenes, distribuidores y servicios.

El 85% de la iluminación es a base de fluorescentes de bajo consumo de 38 o 56 W del fabricante Osram situados a unos 2,5 m del suelo. En los despachos normalmente hay 2 flexos de apoyo que funcionan con bombillas incandescentes de 60 W. Gracias a la gran superficie vidriada de la fachada NO (52%), la mayoría de los despachos ubicados en esta zona del edificio recurren pocas horas a la luz de apoyo de los flexos.

En las aulas destacan unas difusores metálicos que gracias a su capacidad reflectante ayudan a una mejor difusión de la luz de los fluorescentes evitando el deslumbramiento.

Los laboratorios de óptica ubicados en la planta sótano, a excepción del laboratorio de mecánica, realizan sus ensayos en condiciones de oscuridad total. Disponen de luz general (fluorescentes mínimos) y luz puntual en las mesas de laboratorio.

La cámara anecoica se encuentra en el lado norte de la PS. Los ensayos se realizan en condiciones ideales en cámaras en forma de cubo con muros totalmente ciegos. La iluminación en estos espacios es portátil (focos de 400 W) que se utlizan solamente para el montaje, evitando así cualquier alteración de las mediciones acústicas.

En pasillos y baños la iluminación natural es prácticamente inexistente a excepción de la P2 donde un muro de pavés filtra la luz natural. Por lo tanto durante casi todo el día hace falta iluminación artificial que se consigue mediante fluorescentes de 18-56 W, dependiendo del volumen del espacio.

Las cajas de escalera están situadas en el extremo este y oeste del edificio, donde una franja continua de ventanas graduables provee luz y ventilación todo el día. Dada la proximitud y altura de los edificios adyacentes (edificio contiguo a 4 m de distancia y edificio ubicado detrás del edificio D3 respecto a su fachada a 12,3 m) la luz en la PB y P1 es escasa durante algunos meses del año. La iluminación es a base de fluorescentes de 58W.

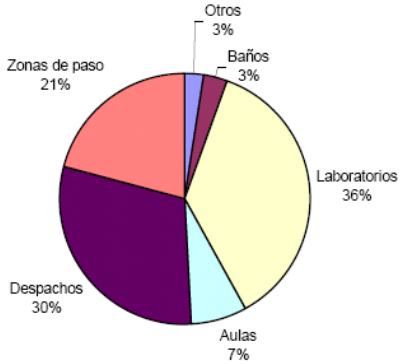
Tipo luminaria	PS	PB	P1	P2	P3	TOTAL
Incandescentes 60 W	1	2	21	15	0	39
Ahorro 100 W	0	1	1	1	0	3
FL18W/20	4	4	8	5	0	21
FL38W/20	2	3	2	36	0	43
FL58W/20	84	88	80	96	8	356
FL6W/T5/133	11	10	10	11	1	43

Figura 1.30 Inventario de luminarias

Reparto potencia Iluminación

Tipo espacio			W	KW
Otros			697,00	0,697
Baños			854,00	0,854
Laboratorios			9.980,00	9,98
Aulas			1.980,00	1,98
Despachos			8.290,00	8,29
Zonas de paso			5.692,00	5,692
			27.493,00	**27,493**

Figura 1.31 Distribución por espacios de potencia en kW y %



Tipos de espacio y su iluminación

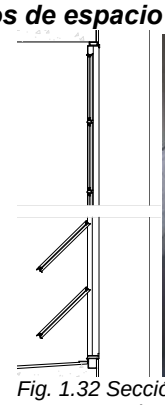



Fig. 1.32 Sección y Fig. 1.33 vista de ventana graduable de la caja de escalera

Fig. 1.34 Pavés en aula taller oeste

Fig. 1.35 Ventanas del laboratorio de óptica

Fig. 1.36 Pasillo sin luz natural

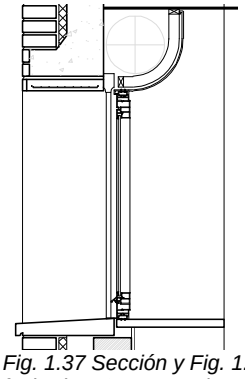



Fig. 1.37 Sección y Fig. 1.38 vista ventana corredera fachada NO con persianas.

Fig. 1.39 Aulas informática en P1

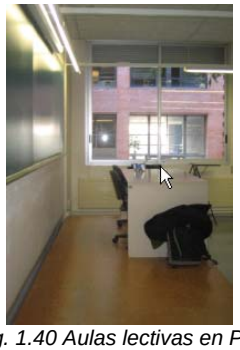


Fig. 1.40 Aulas lectivas en PB

Tipos de luminarias

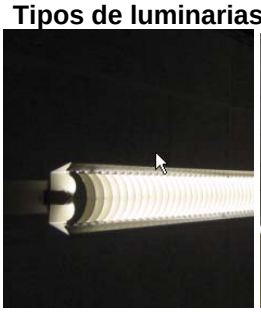


Fig. 1.41 Fluorescentes con difusores reflectantes en aulas

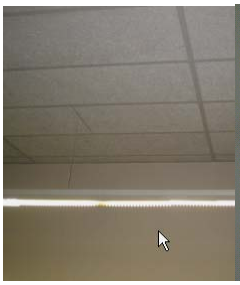


Fig. 1.42 Sustitución de foco por fluorescente.

Fig. 1.43 Luz de emergencia

Fontanería

En el Campus Nord hay un total de 6 acometidas de agua que alimentan el total de edificios, por lo que se ha estimado el consumo a partir de los sanitarios existentes, usuarios y frecuencia de uso aproximada.

En este edificio, al igual que en otros que solo se utilizan para la docencia e investigación, no hay agua caliente sanitaria. Un calentador eléctrico provee agua caliente sanitaria para dos duchas dispuestas en la planta sótano.

Los grifos de los baños en P1 y P2 disponen temporizadores. En los inodoros se han instalado dispositivos de interrupción de descarga bien diferenciados y en los urinarios pulsadores como medidas de ahorro de agua.

Unos carteles animan al usuario a hacer buen uso de las medidas instaladas para el ahorro del agua.

Figura 1. 44 Temporizadores, dispositivos de doble descarga y carteles de sensibilización

Características de los puntos de consumo

Tipo	Cantidad	Caudal	Coeficiente de simultaneidad	Caudal simultáneo.
Lavabo Roca (Victoria)	19	0,12	0,3	0,684
WC ROCA (Victoria)	12	2		7,2
URINARI ROCA (Victoria)	6	0,2		0
DUTXA ROCA (Victoria)	2	0,3		0
AIXETES LABORATORI	7	0,2		0
TOTAL	46			**7,884**

Tabla 1.44 Ficha resumen de sanitarios del edificio D3

1.2.3 Consumo del edificio

Consumo de agua

El edificio D3 no dispone de una acometida de agua propia, sino que la comparte con 4 edificios más. Analizando el consumo del contador que corresponde a estos edificios, se observa que ha bajado considerablemente en los últimos 4 o 5 años. Esto se debe seguramente a los reductores de caudal instalados y a la incorporación de WC de doble descarga y la sensibilización de los propios usuarios.

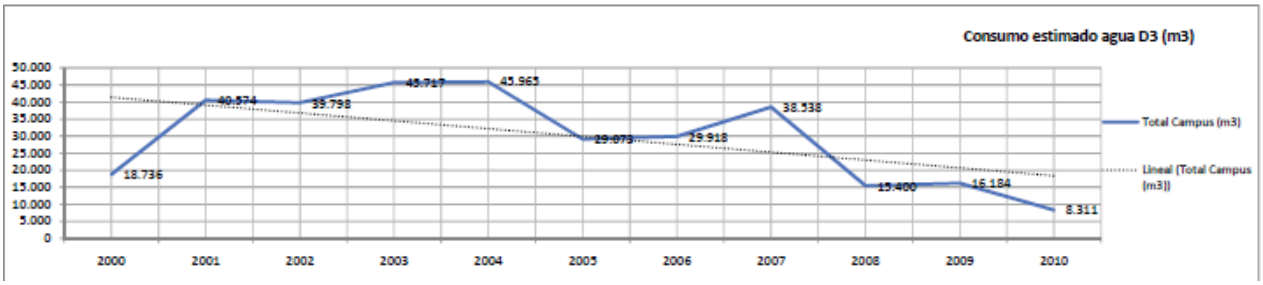


Figura 1.45 Histórico del consumo estimado desde 2000-2010 considerando un 5% del consumo total (m3)

Según cálculos, la demanda de agua debería ser de aproximadamente ***36.039 l/mes*** es decir ***432,5 m3/anuales***. Este consumo corresponde al 5% de los 5 edificios. A este consumo se le tiene que añadir el agua para refrigeración de los equipos de medición de los laboratorios de iluminación ya que se trata de un circuito abierto, es decir el agua no se reutiliza.

Elementos uso agua	Volumen agua	
	l/dia	l/mes
31	0,73	36.039,36

Tabla 1.5 Inventario sanitarios y consumo de agua en litros mensuales

Consumo energético

Desde el punto de vista energético el edificio cuenta con dos suministros: el eléctrico y el de gas natural. El suministro eléctrico llega desde la única acometida eléctrica del Campus Nord mediante líneas de alimentación conectadas a un transformador que es propiedad de la UPC. El gas natural llega a través de una única acometida y su uso está destinado a la producción de agua caliente para calefacción. El agua caliente sanitaria para duchas se produce a través de termos eléctricos.

Consumo de gas para calefacción

En la Figura 1.46 se puede observar el consumo histórico de gas desde el 1994 hasta el 2010. El consumo incial en los primeros 3 años fue estable con unos ***132.000-134.000 kWh***. En 1997 el consumo experimentó una caída repentina del 60% llegando a los 71.200 kWh. A partir de esta fecha se recuperó en un 15-20% anual, llegando hasta los 112.000 kWh en 1999. Entre 2001 y 2002 se registra una leva bajada del consumo que se recupera en 2003 con 115.000 kWH, estabilizándose hasta el 2006, año en el que baja hasta 96.500 kWh. A partir del 2007 se incrementa el consumo en un 20% anual llegando al máximo consumo histórico en el ***2009*** con ***167.302 kWh*** que desciende nuevamente en el 2010 hasta los 156.200 kWh. Este incremento se debe a que entre el 2008 y 2009 se produjo el ***invierno más frío del los últimos 20 años.*** Por otra parte hay que considerar que no se ha realizado ninguna mejora en la

envolvente del edificio y que pese a realizar el mantenimiento anual de la ***instalación de calefacción*** *ésta* va ***envejeciendo y el rendimiento es menor.***

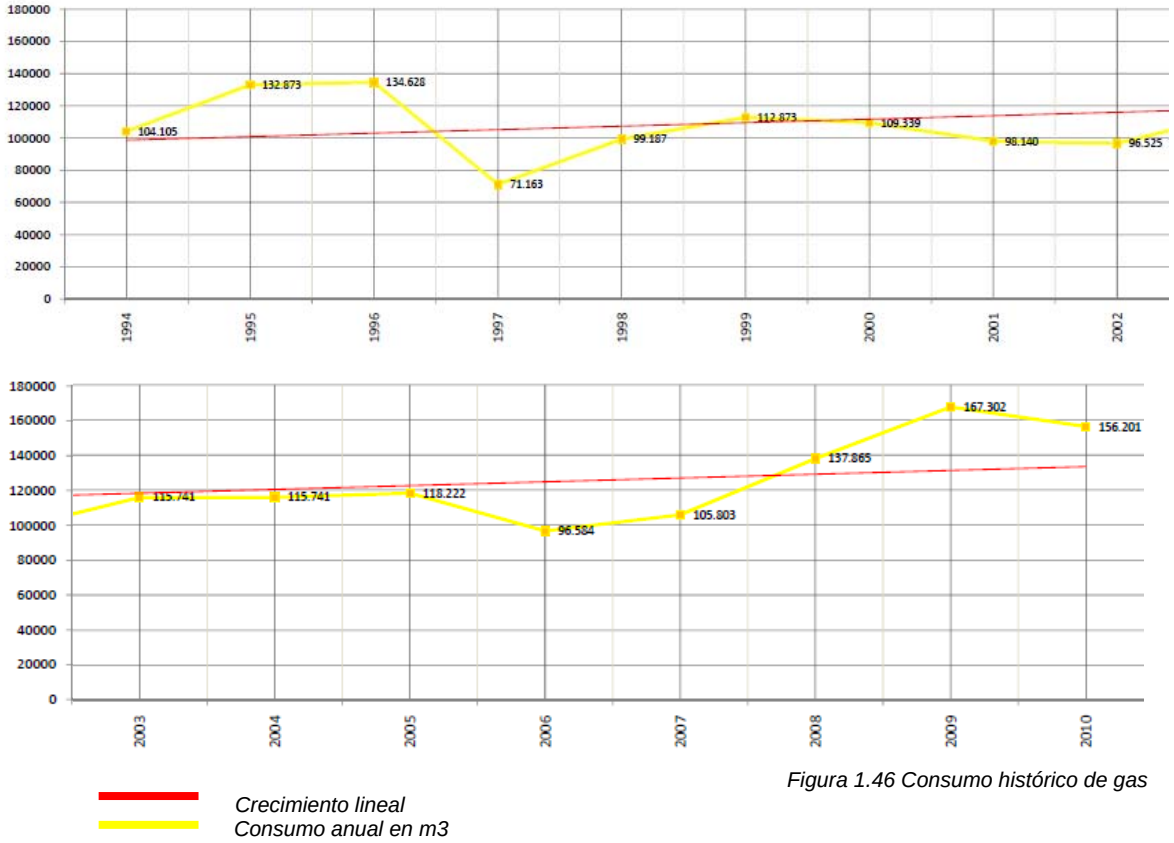


Figura 1.46 Consumo histórico de gas

Electricidad

La electricidad es el recurso energético más contaminante debido a los niveles de CO2 que desprende a la atmósfera. Para producir ***1 kWh*** de electricidad se produce una emisión de ***0,620 kg de CO2***.

El consumo de electricidad ha aumentado gradualmente los últimos años desde 1994. Este aumento se debe a la incorporación de nuevos equipos de medición de mayor potencia, a la sustitución de ordenadores obsoletos y a la incorporación en los últimos años de un servidor de alta potencia. En los gráficos podemos ver que en los últimos 2 años se ha poducido un aumento del 5% posiblemente debido a que los veranos han sido más largos y por lo tanto el consumo en refrigeración más alto. En 2010 el consumo es de ***93.541 kWh***, produciéndose el pico de consumo en los meses de verano, Junio y Julio, debido al uso de los equipos de aire acondicionado par la climatización de los despachos y aulas. En el siguiente link se puede seguir el consumo eléctrico online http://www.sirena-edifici.net/sirena_flex.swf

Año	Enero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total (kWh)
2008	3.546	6.664	7.148	7.208	8.010	10.582	6.738	8.187	6.800	6.756	6.453	86.924
2009	6.967	7.854	7.072	7.813	9.032	10.453	8.067	7.786	7.252	7.090	7.238	93.418
2010	7.730	8.067	6.960	7.507	8.167	10.644	6.520	8.744	7.553	7.243	7.202	93.641

http://www.sirena-edifici.net/sirena_flex.swf

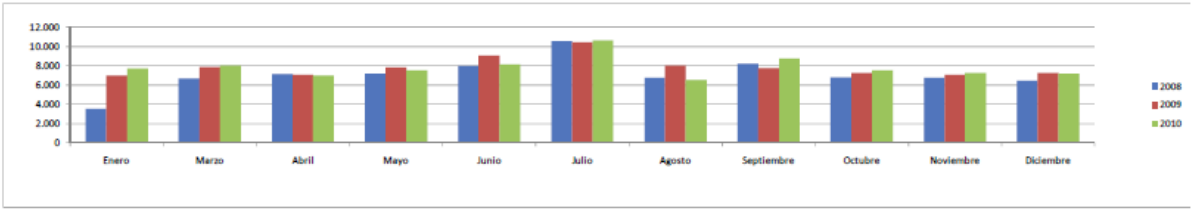


Figura 1.47 Consumo de electricidad 2007-2010

1.2.4 Consumo estimado a partir de encuestas

Consumo de gas para calefacción según usuario final
De acuerdo con la encuesta realizada, el consumo final de calefacción sería de 137.300 kWh (rendimiento incluido) en lugar de los 156.200 kWh anuales, por lo que se acerca bastante a la realidad. Hay que destacar que en todos los espacios los radiadores son graduables, por lo que el usuario final puede influir sobre la calefacción.

Consumo de Electricidad según usuario final

Maquinaria y ordenadores
Los usuarios encuestados fijan el consumo en un total de 157.889 KW anuales. Si comparamos este resultado con el consumo real total de 93.528 KW, vemos que la percepción es poco acertada con una desviación del 68%.

Iluminación
A partir de la encuesta realizada se ha estimado la energía media para iluminación en un día tipo de invierno 218 KW y verano 122 KW para el edificio. Si se tiene en cuenta los días festivos y períodos de vacaciones, esto corresponde a un consumo de 27.450 KW en invierno y de 10.217 KW en los meses de verano, es decir un total de 37.667 KW.

1.2.5 Actividad e índice de ocupación

En base a la encuesta de hábitos y a partir de múltiples visitas al edificio en diferentes estaciones del año, he podido observar que la máxima ocupación se da por la mañana entre las ***9 y 11*** h y por la tarde entre ***16 y 21 h***. Esto se debe a las clases y prácticas que se imparten dentro de los distintos postgraduados. En hora punta puede haber en todo el edificio 48 personas, contando la ocupación de los despachos, 40 personas en aulas y laboratorios, 9 personas en los laboratorios de la planta sótano y 18 personas en otras dependencias distribuidas por el edificio. Es decir el edificio puede llegar en hora punta (***11-13 h***) a una ***ocupación media de 120 personas*** distribuidas en las distintas plantas. Contando la superficie del edificio esta ***ocupación es baja*** (ver Anexo apartado 1.2.5). De acuerdo con esta ocupación he calculado una aportación de calor horaria de ***7,53 kWh en todo el edificio***. Las plantas con mayor generación de ***calor latente*** son ***P1 y P2, con 2,5 kWh y 3,3 kWh*** respectivamente.

2 Evaluación

2.1 Evaluación de la demanda térmica

Para poder valorar la demanda térmica del edificio lo más importante es disponer de información sobre las temperaturas de consigna, horarios y meses de funcionamiento del sistema de calefacción así como del sistema de refrigeración.

> El ***sistema de calefacción*** funciona los meses de invierno en días lectivos de ***7 a 21 h*** y la temperatura de consigna es de ***21,5ºC***. Cuando el sensor en la fachada sureste supera los 18ºC se paran automáticamente las calderas para evitar el sobrecalentamiento del edificio.
>
> El ***sistema de refrigeración*** consta de equipos ***autónomos regulados manualmente***. Desde el departamento de mantenimiento se realizan una seria de paradas del sistema de aire acondicionado para evitar que los aparatos permanezcan encendidos sin necesidad cuando no hay nadie en las estancias.

En segundo lugar es indispensable disponer de datos metereológicos de la estación más cercana parao poder calcular el incremento o reducción de temperatura mensual necesario teniendo en cuenta el calendario lectivo. Para ello hay que restar festivos y fines de semana y limitarnos con las temperaturas correspondientes al horario del edificio (7 a 21 h). A partir de las temperaturas horarias diarias calcularemos la diferencia de temperatura requerida (Text-Tint) diaria y mensualmente considerando como Tint=21,5ºC en invierno y Tint=24ºC en los meses de verano.

Asimismo es necesario conocer las ***transmitancias de todas las secciones constructivas*** del edificio, incluidos los puentes térmicos, y las ***superficies exteriores e interiores construidas*** de cada elemento.

Con estos datos e información sobre los sistemas de climatización, podemos pasar al cálculo de la demanda térmica del edificio. Se han empleado dos sistemas de cálculo. El ***primero*** es un ***análisis estacionario*** de la demanda que se realiza a partir del cálculo de la K_G obtenida de acuerdo con la NBE-CT-79. El segundo sistema tiene en cuenta la ***inercia térmica*** del edificio y en consecuencia ***valores dinámicos de la demanda***. Se trata del programa LIDER que ofrece el Ministerio de Vivienda de forma gratuita.

2.1.1 Cálculo de K_G parciales

A continuación presento una relación con todas las transmitancias y superficies de los elementos constructivos que constituyen el edificio D3, considerando la envolvente y particiones verticales y horizontales.
Algunos de los ***muros*** que constituyen los cerramientos ***cumplen*** los requisitos del ***CTE-DBE1 y del decreto de ecoeficiencia*** mientras que la solera, puentes térmicos, ventanas (vidrio simple), marcos (aluminio sin rotura puente térmico y correderas) y particiones interiores ***no cumplen.***

Transmitancias de elementos constructivos por orientación:

Fachada	N°	Descripción	A	U
			m2	W/m2K
N	1	Muro Coronación	32,2	0,25
N	5	Muro enterrado PS	108,7	0,42
N	2	Muro entre ventanas	80,96	0,51
N	3	Muro bajo ventanas	80,96	0,51
N	12,1	Puenta cortafuego	4,41	0,64
N	2,1,	Muro galería bajo ventanas	23,6	1,31
N	11	Puente térmico jambas	12,24	0,88
N	10	Puente térmico alfeizar	1,72	1,98
N	8	Puente térmico frente forjado cubierta	36,23	1,91
N	7	Puente térmico frente forjado plantas	16,1	2,47
N	6	Puente térmico frente pilares	37,48	2,47
N	9	Puente térmico caja de persiana	17,23	2,95
N	12	Ventanas	126,97	5,65
S	1	Muro coronación	32,2	0,25
S	5	Muro enterrado PS	31,78	0,42
S	2	Muro bajo ventanas	101,57	0,51
S	3	Muro bajo ventanas (PO)	7,6	0,51
S	11	Puente térmico jambas	47,45	0,88
S	10	Puente térmico alfeizar	3,75	1,72
S	6	Puente térmico frente forjado cubierta	36,23	1,91
S	7	Puente térmico frente forjado	16,1	2,47
S	6	Puente térmico frente pilares	56,5	2,47
S	9	Puente térmico caja de persiana	26,55	3,85
S	4	Muro patinejo	13,82	3,85
S	12	Ventanas	146,57	5,65
C	15	Cubierta invertida	620	0,54
C	17	Cubierta invertida transitable	54,15	0,54
C	19	Techo P0	6,87	1,73
C	16	Cubierta invertida transitable 2	40,92	0,65
C	18	Solera	620	1,31
E	1	Muro Coronación	3,4	0,25
E	5	Muro enterrado PS	9,21	0,42
E	2	Muro entre ventanas	141,3	0,51
E	3	Muro bajo ventanas	15,82	0,51
E	12	Ventanas	15,3	5,65
E	11	Puente térmico jambas	2	1,72
E	3,1,	Muro hormigón caja escalera	22,64	1,18
E	10	Puente térmico alfeizar	0,21	1,72
E	8	Puente térmco frente forjado cubierta	17,01	1,91
E	6	Puente térmico frente forjado plantas	1,77	2,47
E	14	Pavés	4,41	3,95
O	1	Muro Coronación	3,4	0,25
O	5	Muro enterrado PS	9,85	0,42
O	2	Muro entre ventanas	96,2	0,51
O	3	Muro bajo ventanas	1,08	0,51
O	12	Puerta cortafuego	4,41	0,64
O	11	Puente térmico jambas	7,56	1,72
O	3,1,	Muro hormigón caja escalera	19,1	1,18
O	10	Puente térmico alfeizar	3,6	1,72
O	8	Puente térmico frente forjado cubierta	17,01	1,91
O	7	Puente térmico frente forjado plantas	1,77	2,47
O	6	Puente térmico frente pilares	10,72	2,47
O	5	Pavés	51,3	3,95
O	12	Ventanas	7,2	5,65

Figura 2.1 Relación de transmitancias de cada elemento constructivo

2.1.2 Cálculo de la Kg según CT-79

El cálculo de la U global (antes K_G) del edificio permite determinar la transmisión del edificio según su forma y composición de los cerramientos. A partir de este valor se puede determinar la demanda energética del edificio. Este ***edificio cumple ampliamente*** los requisitos térmicos de la normativa con una ***K_G =0,97 kcal/hm2ºC*** siendo el requisito ***K_G≤1,35 kcal/hm2ºC***. Si se comparan las transmitancias límite por elemento constructivo de la antigua normativa con el CTE-DBHE1 se ve claramente que la primera es poco estricta.

Factor de forma f en m^{-1} = Superfície total S: 3.151,00 (1) / Volum total V: 9.365,94 (2) = (3) 0,34

Exigència de la Norma (Art. 4º)

Tipus d' energia I II → Factor de forma 0,34 (3) → Zona climàtica ↓ KG ≤ (5) 1,35

Firma de l'Arquitecte

Cumpliment de l'exigència de la Norma

KG de l'edifici = 3.062,85 (4) / 3.151,00 (1) = 0,97 ≤ 1,35 (5)

Figura 2.2. Resultado ficha justificativa del cálculo de la K_G del edificio según NBE-CT-79

2.1.3 Cálculo estacionario de la demanda del edificio según NBE-CTE-79

De acuerdo con el cálculo estacionario de la demanda energética realizado a partir de o Kg de acuerdo con la NBE-CT-79 el edificio requiere **63.930 kWh** para calefacción y ***33.978 kWh*** para climatización. En este cálculo se ha tenido en cuenta las pérdidas por infiltración y ganancias solares pero no se ha considerado el calor latente de las personas y máquinas. Esta demanda energética constituye un **41%** del consumo real en cuanto a gas para calefacción, la demanda para climatización es muy superior al consumo real.
Es importante destacar que se ha considerado el mes de agosto para poder comparar los resultados con el programa **LIDER,** ***Ti=21,5ºC*** en los meses de invierno y ***Ti=24ºC*** en los meses de verano.

Demanda = Pérdidas piel + pérdidas infiltraciones + ganancias aparatos + ganancias personas + ganancia radiación solar

	Demanda con agosto sin PAX		Demanda sin agosto con PAX		Consumo Estimado		Consumo Real	
	Demanda estimada con agosto sin PAX	Demanda estimada con agosto sin PAX/m2	Demanda estimada sin agosto con PAX	Demanda estimada sin agosto con PAX/m2	Consumo Estimado	Consumo estimado/m2	Consumo Real	Consumo Real/m2
	kWh/año	kWh/m2	kWh/año	kWh/m2	kWh/año	kWh/m2	kWh/año	kWh/m2
Calefacción	- 63.930,46	- 20,29	- 10.362,55	- 3,42	- 165.539,40	52,54	156.201,00	49,57
Refrigeración	34.896,97	14,10	34.896,97	12,48	12.400,34	3,94	2.302,33	3,28
Desviación frente a consumo real							156.201,00	
Calefacción	-	0,41	-	0,07	-	1,06		
Refrigeración		15,16		15,16		5,39		

Tabla 2.1. Comparativa el cálculo estacionario realizado en base a la K_G según NBE-CT-79 y el consumo estimado y real

2.1.4 Ficha justificativa del cálculo de la U según el método simplificado CTE-DBHE

El edificio D3 en su estado actual no cumple con los requisitos del DBHE1. En particular no cumplen las siguientes secciones constructivas con los límites del DBHE1:

- Cubierta
- Muros de fachada
- Vidrios y marcos
- Solera

Fitxa 2 Conformitat - Demanda energètica

ZONA CLIMÀTICA:	C2	Zona baixa càrrega interna	X	Zona alta càrrega interna	

Tancaments i particions interiors de l'envolupant tèrmica	$U_{max(projecte)}$		U_{max} (W/m²K)
Murs de façana		≤	0,95
Primer metre del perímetre de sòls recolzats i murs en contacte amb el terreny		≤	0,95
Particions interiors en contacte amb espais no habitables		≤	0,95
Terres	2,13	≤	0,65
Cobertes	0,65	≤	0,53
Vidres de buits i lluernes	5,88	≤	4,40
Marcs de buits i lluernes	5,70	≤	4,40
Murs en mitgera		≤	1,00
Particions interiors (edificis d'habitatges)	3,83	≤	1,20

MURS DE FAÇANA	U_{Mm}		U_{Mlim}
N	0,84	≤	0,73
E	0,73	≤	0,73
O	1,70	≤	0,73
S	0,83	≤	0,73
SE		≤	0,73
SO		≤	0,73

BUITS I LLUERNES	U_{Hm}		U_{Hlim}	F_{Hm}		F_{Hlim}
N	5,88	≤	2,90			
E	4,98	≤	4,40	0,65	≤	
O	4,16	≤	3,30	0,65	≤	
S	3,88	≤	4,30	0,62	≤	
SE		≤	4,40		≤	
SO		≤	4,40		≤	

TANC CONTACTE TERRENY		U_{Tlim}
U_{Tm}		
0,29	≤	0,73

TERRES		U_{Slim}
U_{Sm}		
2,13	≤	0,50

COBERTES		U_{Clim}
U_{Cm}		
0,56	≤	0,41

LLUERNES		F_{Llim}
F_{Llm}		
	≤	0,32

Figura 2.3 Extracto de la ficha 2 de conformidad de la demanda energética conforme los requisitos del DBHE1.

2.1.5 Comprobación de formación de condensaciones (BuildDesk U 3.2.)

Se ha realizado un ***estudio higrométrico de los elementos constructivos*** con ayuda del programa ***BuildDesk U 3.2*** que aplica la metodología de cálculo del CTE-DBHE1 (***EN ISO 13788***) para la d***eterminación de las condensaciones intersticiales y superficiales.*** Para complementar esta normativa, el programa tiene en cuenta la porosidad, resistencia al paso de vapor de agua y densidad de los materiales. De acuerdo con la siguiente tabla resumen, se ha comprobado que en todas las secciones ***no se forman condensaciones intersticiales***. No obstante, en todos ellos ***se producen condensaciones superficiales*** en el mes de septiembre. Si se efectua el ***cálculo con una temperatura interior entre 20 y 25ºC*** (temperatura estival sugerida por la Generalitat para oficinas), ***estas dejan de aparecer.***

El CTE-DBHE indica que la máxima condensación acumulada en cada período anual no debe ser superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo período. Es decir, siempre que se garantice que no habrá condensaciones remanentes al cabo de un año (de forma que con el transcurso del tiempo no haya acumulación de agua), no es necesario el uso de la barrera de vapor. A este balance se le llama equilibrio higrotérmico del cerramiento y hay que realizar un estudio para poder comprobar si se produce.

Así pues, teniendo en consideración el estudio higrotérmico realizado, es innecesaria la colocación de una barrera de vapor ya que las condensaciones intersticiales puntuales que se puedan producir se evaporan durante los meses de calor.

Además, pese a que el código técnico no lo indique, también es conveniente mirar el nivel máximo de condensaciones acumuladas para ver que no haya riesgo puntual de degradación de los materiales. Para ello nos podemos fijar en la norma ***DIN 4108-3***, en la que se hace referencia a un ***límite de 500g/m2***. En el informe se puede comprobar que jamás llegan a acumularse condensaciones por encima de ese valor.

Abreviación	Elemento constructivo	U (W/m2K)	LIDER	Condensaciones intersticiales	Condensaciones superficiales
Uc1	Cubierta invertida	0,50	0,29	No	Si, sept
Uc2	Cubierta invertida	0,70	0,55	No	Sí, sept
Um21	Muro norteoeste galería	1,29	1,31	No	Sí, sept
Um3	Muro fachada sureste	0,50	0,45	No	Sí, sept
Umfeo	Muro hormigón escalero FEO	1,19		No	Sí, sept
Um2	Muro fachada sur entre ventanas	0,50	0,46	13-20 gr/m2 en ene-mar	Sí, sept
Umps	Muro sótano	0,44	0,43	No	Sí, sept
Uptfp	Puente térmico frente pilares	2,34	2,35	No	Sí, sept
Uptcp	Puente térmico caja persiana	4	3,5	No	Sí, sept

Tabla 2.2 Cuadro resumen de condensaciones intersticiales y superficiales BuildDesk U 3.2.

2.1.6 Cálculo de la demanda según el método general CTE-DBHE1 (Lider)

LIDER es una herramienta informática desarrollada para el CTE-DBHE para poder calcular la demanda energética del edificio. Tiene una entrada de datos y una entrada gráfica. Los archivos de LIDER se pueden importar en el CALENER VYP y GT (oficinas, educación, hoteles, etc.) otra herramienta informática desarrollada por el Ministerio de Vivienda para poder realizar la certificación energética de edificios del sector terciario.

LIDER compara el edificio que está estudiando con otro de referencia de las mismas características pero que cumple con los requisitos de la normativa. El programa alerta si el edificio cumple o no y especifica que elementos constructivos están por debajo de los límites establecidos.

El programa tiene en cuenta las sombras arrojadas por otros edificios/elementos colindantes así como retranqueos en ventanas y otros elementos solares pasivos para huecos.

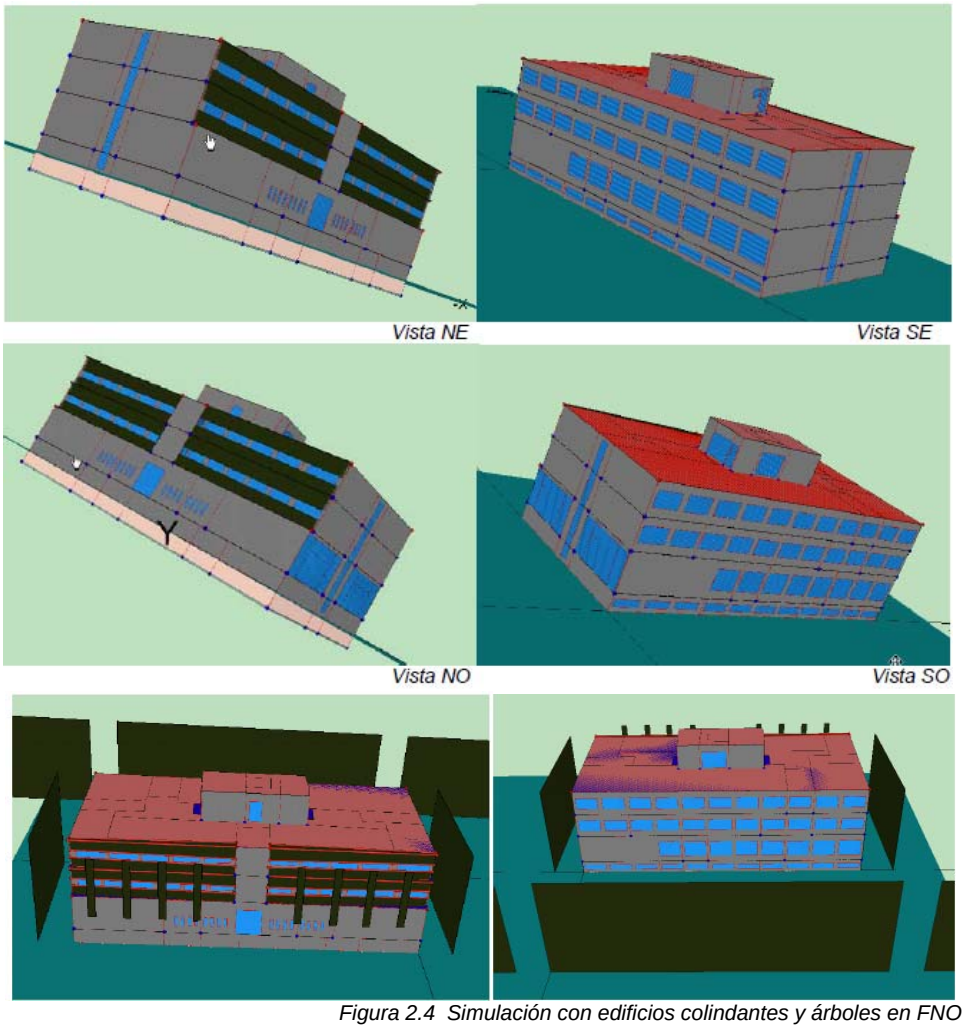


Figura 2.4 Simulación con edificios colindantes y árboles en FNO

En las primeras versiones de LIDER el programa especificaba la demanda en kWh/m2 para calefacción y refrigeración. En la versión definitiva aparece un gráfico comparativo en el que se refleja a partir de procentajes la demanda del edificio en comparació con el edificio de referencia.

El edificio descrito en este informe NO CUMPLE con la reglamentación establecida por el códig técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	162,1	49,0
Proporción relativa calefacción refrigeración	69,7	30,3

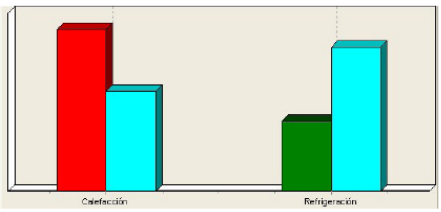


Figura 2.5 Cuadro y gráfica resumen de energía para calefacción y refrigeración según LIDER

De acuerdo con el informe LIDER el edificio no cumple con los requisitos del CTE-DBHE. Los valores de demanda energética obtenidos a través del método estacionario no se pueden comparar con los de LIDER dado este tiene en cuenta la inercia térmica del edificio en el tiempo (método dinámico).

2.1.7 Informe ARCHISUN 3.0.

Se trata de una herramienta para el diseño de edificios que provee conocimiento sobre el confort climático, considerando aspectos térmicos, acústicos, lumínicos y que admite la incorporación de energías renovables. Provee resultados sobre el consumo anual en iluminación, agua caliente sanitaria, calefacción, refrigeración y aplicaciones eléctricas (los cálculos de consumo para iluminación artificial y apliaciones eléctricas se han realizado a partir de simplificaciones del proceso físico implicado y las rutinas de uso por tipo de edificio).

ARCHISUN simula el comportamiento dinámico del edificio frente diversas condiciones climáticas. El programa realiza el cálculo de transferencia de calor basado en ecuaciones de conservación y transferencia de calor y a partir de un modelo representativo que tiene en cuenta la contribución de la radiación solar directa sobre el interior del edificio, sobre la parte opaca de la envolvente, generación y disipación de calor en el interior y tansferencias del interior al exterior (ventilación, transferencia a través de superficies vidriadas y la acumulación de energía solar directa en el interior del edificio).

Las indicaciones relativas a la iluminación (incluída la luz natural) se obtienen a partir de las características climáticas exteriores, la capacidad de obtener luz del exterior y las divisiones y características de absorción de la luz desde el interior.

La entrada de datos está dividida en 2 grupos. Datos generales y específicos, agrupados en 5 áreas: ubicación, entorno, forma, envolvente e interior.

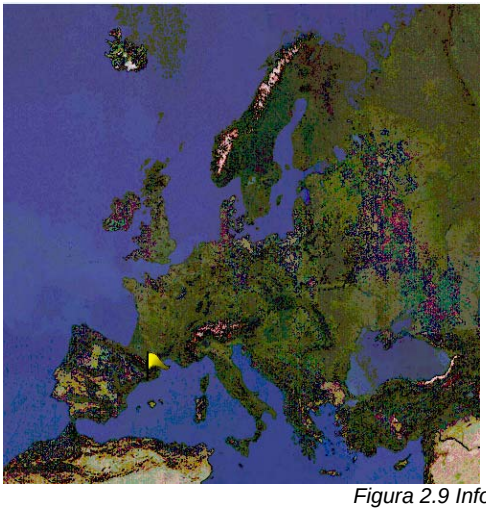
general data	
volume:	11728.00
people:	100.00
Building use::	administrative
winter sensation T. average:	11.38
spring sensation T. average:	21.90
summer sensation T. average:	28.02
autumn sensation T. average:	23.58
Eln:	32.99
Li:	12.03
Heating:	2.70
Cooling:	1.64
Lighting:	9.94
Hot water:	0.34
Cooking:	0.00
Other:	12.14

Figura 2.6 Datos generales Archisun (demanda kWh, Tconfort)

En el área de ***entorno*** se tiene en cuenta cualquier objeto que pueda influir térmicamente sobre el edificio como por ejemplo las sombras arrojadas de edificios vecinos, vegetación o algún elemento que pueda modificar la temperatura ambiente (presencia de agua, montaña). En este caso se trata de los edificios adyacentes y las acacias de hoja perenne en las fachadas SE y NO.

Fig. 2.7 Distancia de obstáculos en el entorno (edificios y árboles)

Fig. 2.8 Vista cilíndrica de los obstáculos del entorno

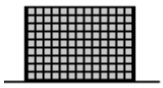


Latitude:	40.84
Longitude:	2.20
Sea distance:	4
Height:	40
Urban density:	0.00
Radiation:	16.26
Temperature:	16.50
Temperature swing:	5.78
Wind direction:	225

Figura 2.9 Información sobre la ubicación del edificio

En el área de ***forma*** se describe la forma del edificio, estableciendo relaciones entre el edificio y su entorno (***capacidad de acumular y perder calor***). Esto se realiza a partir de los siguientes conceptos: esbeltez, longitud, orientación de la longitud, etc. En realidad esta aéra solo contiene la descripción del edificio como primera aproximación al diseño del mismo. En un segundo nivel del diseño, esta información se sustituye por la descripción cuantificada de la superficie de la envolvente para cada orientación.

El edificio D3 se caracteriza por tener una ***alta capacidad de acumulación*** de energía debido a su ***forma compacta***, su gran masa y ***poca porosidad***. No obstante dado el 19% de su superficie acristalada, hay una diferencia importante entre el ***Kdia y Knoche***, en consecuencia es un edificio que se enfría y calienta con bastante facilidad.



Avg. K day:	1.07
Avg. K night:	0.85
Avg. Weight:	330.36
Avg. Reflectance:	0.26
Sun ducts:	0.00
Solar termic systems:	0.00
Photo - voltaic systems:	0.00

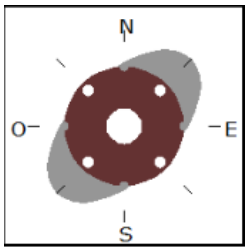
Figura 2.10 Forma del edificio

Slenderness: 0.36

Figura 2.11 Esbeltez

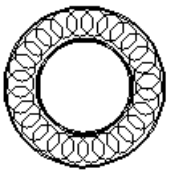
La envolvente es la parte del edificio que filtra la interacción con el entorno exterior. La descripción de la **envolvente** se realiza mediante la cuantificación de superficies por orientaciones y el tipo de superficie (propia, adjuntada, externa, etc).

El programa define para las superficies opacas (masivas) y para cada orientación: el coeficiente de pérdida de calor, masa, radiación solar, protección, etc. Para las superficies transparentes practicables se puede considerar: transparencia, la abertura correspondiente para la infiltración de aire, el coeficiente de pérdida de calor, etc.



Compactness:	0.86
Porosity:	0.50
Lenghtening:	0.36
Orientation:	45

Figura 2.12 Opacidad por fachadas y orientación

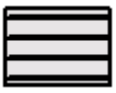


Total skin surface:	4005.82
Settlement:	16 625
Adjoiness:	0 0
External:	84 3380
External opaque:	81 2738
External transparent:	19 642

Figura 2.13 Relación entre superficie opaca y transparencia del edificio

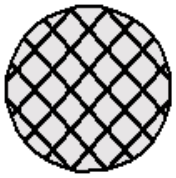
En este edificio, el 25% de la superficie del edificio está enterrada, el 75% está en contacto con el exterior. El 81% es opaco y el 19% transparente.

En el apartado “interior” se describen las propiedades básicas del interior del edificio, que determinan en parte, la respuesta térmica dinámica y las posibilidades de ventilación cruzada (en consecuencia renovación del aire y sensación de confort de los usuarios).



Vertical divisions:	0.95
Vertical connections:	0.07
Lenghtening:	0.23

Figura 2.14 Conexiones verticales



Horizontal divisions:	0.94
Horizontal connections:	0.09
Weight:	200

Figura 2.15 Divisiones horizontales

Aunque el edificio esté muy compartimentado, la posibilidad de realizar ventilación cruzada es escasa debido a la distribución y los diferentes tipos de uso. Por otra parte el porcentaje de conexiones verticales y horizontales es bajo

Los **datos** obtenidos en los siguientes gráficos se utilizan para **corregir los datos climáticos** que se entraron en el apartado de “localización”. Están ordenados por estaciones y son los siguientes: temperatura media, oscilaciones de temperatura, radiación solar efectiva que llega al edificio, humedad reativa, intensidad viento y dirección, ruido de trasfondo del edificio.

En los gráficos se puede ver que tanto en primavera y otoño el edificio se comporta de forma estable. En invierno tiene que vencer un salto térmico de 9 ºC de temperatura (12,2ºC a 21,5 ºC) y en verano bajar la tempratura interior 4ºC (de 27,9ºC a 24ºC).

Las ***temperaturas interiores*** se mantienen bastante ***constantes*** en los meses de ***invierno, primavera y otoño*** mientras que en ***verano*** hay unas ***oscilaciones importantes*** que se tendrán que contrarrestar con el uso de refrigeración. Esto es debido al 19% de superficie acristalada y a su orientación NO42 (ver gráficas Anexo 2.1.7).

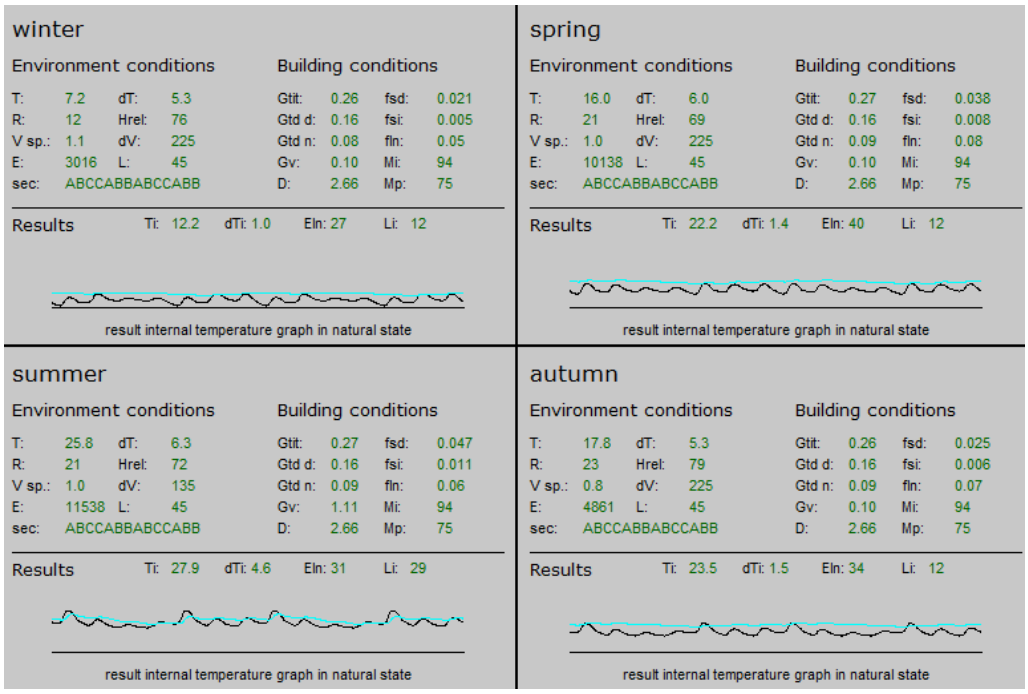


Figura 2.16 Cuadro resumen Archisun 3.0

2.1.8 Decreto de ecoeficiencia

En el "Decret d'ecoeficiència" de la "Generalitat de Catalunya" se aplica a edificios nuevos o rehabilitaciones integrales con el siguiente uso:

- Residencial
- Administrativo
- Docente
- Sanitario
- Deportivo

Existen dos niveles de exigencia, el obligatorio y el voluntario aunque con el objetivo de obtener una calificación favorable del edificio.

El decret obliga al cumplimiento de los siguientes puntos:

Vector	Descripción medida obligatoria	Cumple
Agua	Separación de aguas pluviales de las grises y negras Limitación del caudal máximo en sanitarios Incorporación de temporizadores en edificios públicos	NO **SI** **SI**
Energía	Um<0,7 W/m2K Hm<3,3 W/m2K Sombreamiento en fachadas Fsmax=35% ACS con EERR	NO NO NO NO
Acústica	48 dB entre viviendas/unidades de uso (laboratorio)	NO
Residuos	Preveer espacio para recogida selectiva de basuras Considerar residuos y su tratamiento en derribos y obras	**SI**
Materiales	Como mínino incorporar una familia de productos con declaración/certificación ambiental	NO

Tabla 2.3 Medidas obligatorias del Decret d'Ecoeficiència

Tipo	Descripción medida voluntaria	Puntos	Cumple
Fachada	Ventilada	5	0
Cubierta	Ventilada Ajardinada	5 5	0 0
Estructura	Industrializada	6	0
Cerramientos fachada	Industrializados	6	0
Orientación	O salón favorable	6	0
AT	U-10% U-20% U-30%	4 6 8	0 0 0
Agua	Recuperación aguas pluviales Recuperación aguas grises	5 8	0 0
Materiales	Incorporación material reciclado Incorporación producto demolición	4 4	0 0
Ventilación	Cruzada	6	0
EERR	Para calefacción o refigeración	7	0
Ilumiación	Detectores de presencia en zonas comunes	3	0
Acústica	Aislamiento acústico en ventanas >28 dB Disminución de ruido de impacto a <74 dB	4 5	0 0
	Total:	10	0

Tabla 2.3 Medidas voluntarias del Decret d'Ecoeficiència

El edificio D3 cumple con 2 requisitos obligatorios del "Decret d'ecoeficiència" y suma cero puntos en las medidas voluntarias. Para poder alcanzar el nivel mínimo exigido se deberían tratar puentes térmicos, sustituir ventanas y marcos existentes, realizar algún trasdosado entre aulas para mejorar el aislamiento acústico e instalar detectores de presencia para reducir el consumo de electricidad para iluminación.

2.2 Estudio de asoleo

De acuerdo con el estudio de sombras realizado en 3D (ver imágenes en anexo) y las visitas realizadas al edificio en distintas estaciones y horarios, se aprecia que la cubierta y fachadas SE47 y SO47 de este edificio son las más expuestas a la radiación solar desde mediados de mayo hasta mediados de septiembre.

A finales del 2010 se sustituyeron las acacias de la fachada SE de 18 mts de altura, dado que las raíces estaban dando problemas tanto al pavimento circundante como al muro sótano del edificio. Las acacias antiguas proyectaban sombra sobre las plantas baja, primera y segunda en los meses de primavera y verano, bajando la temperatura interior del edificio unos tres grados, mientras que ahora la radiación solar incide directamente sobre la envolvente y en consecuencia sube la temperatura interior.

Figura 2.17 Fachada SE Otoño 2007 12 h

Figura 2.18 Fachada SE Verano 2008 17 h

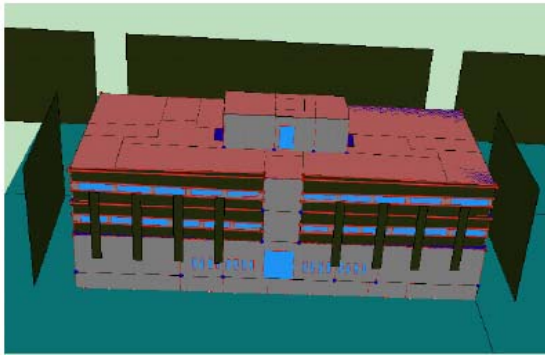
Figura 2.19 Fachada SE
Verano 2011 a las 16.30 h

Figura 2.20 Comparativa sombra acacias
Verano 2011 a las 16.30 h

Figura 2.21 Vistas Fachada NO
Otoño 2007 12 h

Figura 2.22 Fachada NO
Verano 2008 17 h

El programa Archisun 3.0 tiene en cuenta la radiación solar, inercia térmica de soluciones constructivas, entorno y ubicación del edificio ha calculado que la temperatura interior del edificio en verano es de 28ºC y que las oscilaciones de temperatura interior son de 5ºC. Para poder disminuir esta temperatura, sería conveniente disponer protecciones pasivas graduables exteriores en las ventanas reemplazando así las persianas existentes y las cortinas venecianas interiores que se encuentran en mal estado (ver 3.1.2 Protección pasiva de ventanas). De esta manera se disminuiría el consumo en refrigeración e iluminación, al poder disponer de sombra y poder graduar la luz solar entrante.



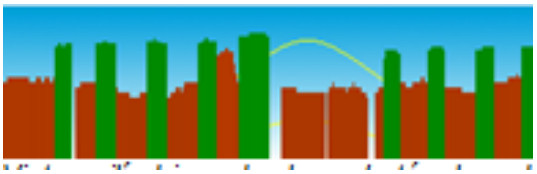


Figura 2.24 ARCHISUN 3.0. Estudio de sombras vista cilíndrica(cálculo dinámico, tiene en cuenta sombras arrojadas)

Figura 2.23 LIDER Simulación de sombras arrojadas (cálculo dinámico, tiene en cuenta sombras arrojadas)

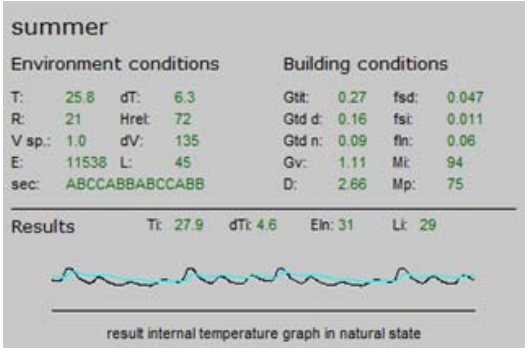


Figura 2.25 ARCHISUN 3.0 Cuadro resumen de condiciones exteriores e interiors del edificio . Ti=27,9ºC, dTi=4,6ºC, Eln=31, R=21 W/m2K

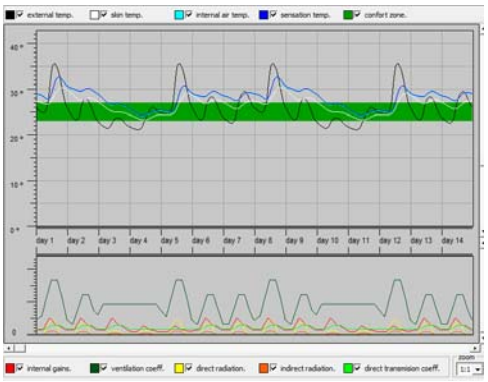


Figura 2.26 ARCHISUN 3.0. Cálculo 2 semanas tipo en verano.Oscilaciones de 5-9ºC de T superficiel de la envolvente y de 5ºC de la T interior.

De acuerdo con el cálculo de sombras arrojadas de edificio del ***DBHE3 aptdo. 2.2***., las fachadas NE y SO no precisan protecciones solares dado que el ángulo Θ es inferior a 65%, no obstante en las plantas primera y segunda de la ***fachada SE*** si que ***precisan sistemas de aprovechamiento de luz natural para regular el nivel de iluminación*** y asimismo es recomendable en la fachada NO, en caso de que también se sustituyan las acacias viejas por nuevas.

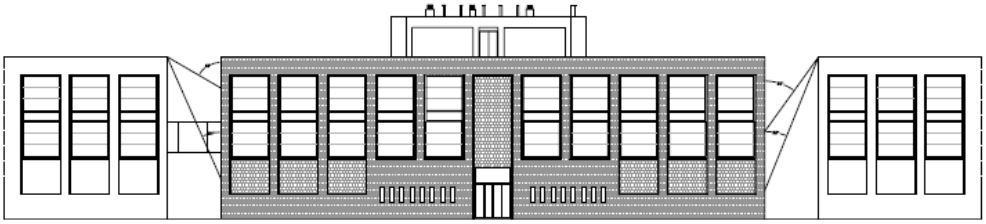


Figura 2.27 Estudio de sombras arrojadas sobre fachadas NE y SO según DBHE3, apartado 2.2 (Anexo 2.2)

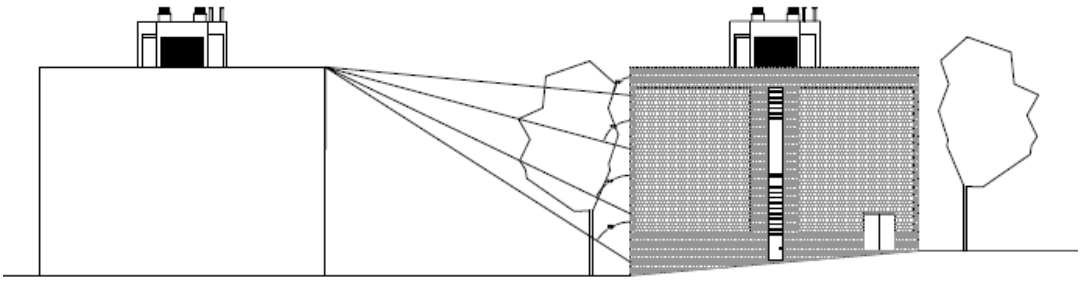
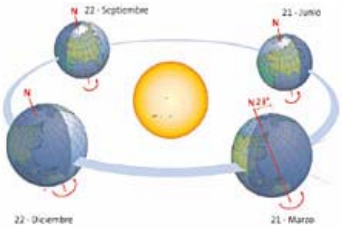


Figura 2.28 Estudio de sombras arrojadas sobre fachada SE según DBHE3, apartado 2.2 (Anexo 2.2.)

A continuación se ha realizado una simulación de sombras con el programa libre Google Sketchup, en el que se puede apreciar las sombras que el entorno y las características de la propia fachada arrojan sobre el edificio. La simulación se ha realizado con la altura de las acacias antiguas (18 m) cuando actualmente las acacias de la fachada SE tienen escasos 2 mts. Es decir, que todos los comentarios marcados en rojo que hacían referencia a una fachada parcialmente soleada o parcialmente sombreada pasan a ser soleados.

Simulación de sombras a las 12 h con GOOGLE SKETCHUP



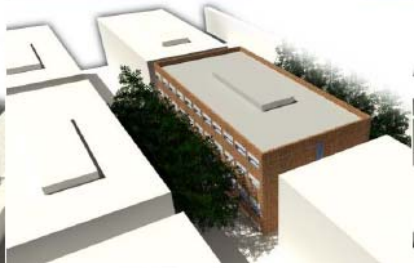
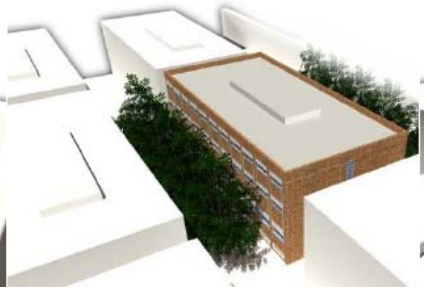
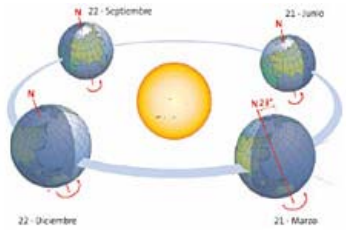
Fachada NO y SO	Fachada SE y NE	Notas
		**Enero 12 h** FNO y FSO en sombra **FNE, P2 soleada** **FSE, PS total y P1 parcialmente soleadas**
		**Abril 12 h** FNO y FSO en sombra **FNE, P2 y P1 soleadas** **FSE, P2 total y P1 parcialmente soleadas**
		**Junio 12 h** FNO y FSO en sombra **FNE, P2 y P1 soleadas** **FSE, P2 total y P1 parcialmente soleadas** Acacia provee sombra hasta las 12 h en P1, persianas y grueso muro proveen sombra
		**Octubre 12 h** FNO y FSO en sombra **FSE, P2 y P1 soleadas** **FNE, P2 total y P1 parcialmente soleadas** **Acacia provee sombra en PB y P1.**

Figura 2.29 Google Sketchup: Simulación de sombras

Simulación de sombras a las 17 h con GOOGLE SKETCHUP



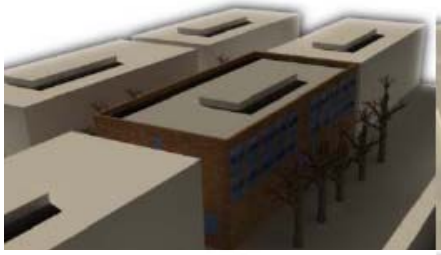
Fachada NO y SO	Fachada SE y NE	Notas
		**Enero 17 h** **FNO, P2 total y P1 parcialmente soleadas** **FSO, P2 soleada** FSE y FNE en sombra **Acacia de hoja caduca permite paso del sol**
		**Abril 17 h** **FNO, P2 total y P1 parcialmente soleadas** **FSO, P2 soleada** FSE y FNE en sombra Acacia provee sombra en PB y P1
		**Julio 17 h** **FNO, P2 total y P1 parcialmente soleadas** **FSO, P2 soleada** FSE y FNE en sombra Acacia provee sombra a partir de las 18 h en PB y P1. Voladizo provee sombra.
		**Octubre 17 h** **FNO, P2 total y P1 parcialmente soleadas**. **FSO, P2 soleada** FSE y FNE soleada **Acacia provee sombra en PB y P1**.

Figura 2.30 Google Sketchup: Simulación de sombras

Para poder conocer exactamente las ***horas de sol y sombra, así como la radiación solar*** a la que las distintas **fachadas y la cubierta** están sometidas se ha realizado un estudio mediante la aplicación de la ***carta solar estereográfica*** correspondientes a las coordenadas de Barcelona.

En la siguiente tabla se puede apreciar que el mayor número de horas lo recibe la **cubierta (4384 h)**, seguido por la fachada SO (2912 h) y **SE (2797 h).** Hay que destacar que este estudio no tiene en cuenta las sombras de obstáculos arrojadas sobre el edificio. En consecuencia si se tiene en cuenta la sombra del edificio contiguo sobre la fachada SO, la fachada con más horas de sol es la **SE.** Las horas máximas de sol en fachadas y cubierta se dan en los meses de abril a septiembre. La diferencia de horas de sol entre cubierta y fachada SE en el mes de julio es de 250 h.

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Horas sol anuales	
Fachada 1	31	63	109	143	171	173	233	217	105	78	38	39	1.396	4
Fachada 2	39	77	116	150	171	180	171	155	113	85	38	47	1.340	5
Fachada 3	240	231	264	263	186	165	186	271	255	256	233	248	2.797	3
Fachada 4	217	224	256	255	264	255	256	264	248	256	210	209	2.912	2
Cubierta	310	280	372	420	434	420	434	434	360	310	300	310	4.384	1

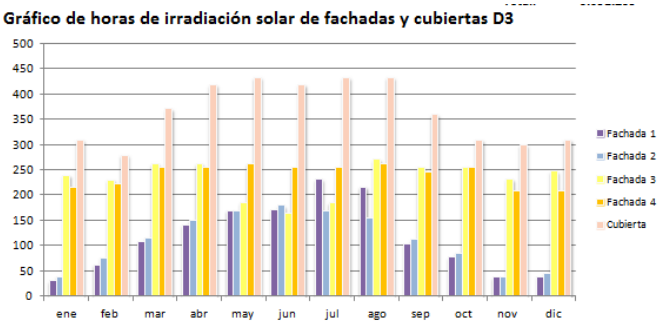
Tabla 2.4 Tabla de horas de sol mensuales según cálculo manual estéreo en Barcelona sin tener en cuenta sombras

Si hablamos en términos de energía, la cubierta es la que recibe y por lo tanto acumulará más energía dada su gran inercia térmica. En total hablamos de una ganancia mensual aproximada de ***22.000 KJdia/m2*** en los meses de calor (mayo-agosto) cuando la posición del sol es más vertical, mientras que en los meses de invierno la ganancia de energía solar (calor) es igual a las fachadas NO y SE (inclinación del sol).

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	KW totales	
Fachada 1	45.620	45.632	57.533	58.715	58.882	55.313	58.324	61.289	57.913	53.595	46.861	44.100	643.776	3
Fachada 2	46.351	46.381	58.495	59.743	59.980	56.398	59.442	62.391	58.897	54.473	47.615	44.802	654.968	2
Fachada 3	23.351	23.407	29.563	30.305	30.584	28.883	30.380	31.714	29.805	27.486	23.997	22.559	332.032	4
Fachada 4	23.351	23.407	29.563	30.305	30.584	28.883	30.380	31.714	29.805	27.486	23.997	22.559	332.032	4
Cubierta	43.331	55.541	88.447	114.330	141.782	148.185	148.919	130.121	98.975	72.643	47.668	38.488	1.128.432	1
												Total:	3.091.239	

Tabla 2.5 Tabla de horas de ganacia solar mensual de la envolvente del edificio D3 KW/mes sin tener en cuenta las sombras

Vista del edificio D3 del Campus Nord



La siguiente tabla muestra por franjas horarias la màxima ganancia solar en la cubierta. Los valores máximos **(2.500-2.800 KJdia/m2)** se dana entre las 10-14 h en los meses de verano (mayo-agosto) mientras que en invierno (dic-feb) los KJ/m2 se reducen a la mitad con valores de ***1.000-1.500 KJdia/m2.***

	4 a 5	5 a 6	6 a 7	7 a 8	8 a 9	9 a 10	10 a 11	11 a 12	12 a 13	13 a 14	14 a 15	15 a 16	16 a 17	17 a 18	18 a 19	19 a 20	Total KJ/m2	Total MJ/m2
Ene	0	0	0	60	394	739	1023	1183	1183	1023	739	394	60	0	0	0	6800	6,8
Feb	0	0	0	251	647	1040	1356	1532	1532	1356	1040	647	251	0	0	0	9650	9,65
Mar	0	0	138	552	1013	1452	1797	1987	1987	1797	1452	1013	552	138	0	0	13880	13,88
Abr	0	28	425	901	1403	1868	2225	2420	2420	2225	1868	1403	901	425	28	0	18540	18,54
Mai	0	241	678	1176	1688	2150	**2502**	**2691**	**2691**	**2502**	2150	1688	1176	678	241	0	22250	22,25
Jun	0	356	806	1311	1822	2280	**2627**	**2813**	**2813**	**2627**	2280	1822	1311	806	356	0	24030	24,03
Jul	0	305	752	1258	1772	2236	**2587**	**2776**	**2776**	**2587**	2236	1772	1258	752	305	0	23370	23,37
Ago	0	116	538	1032	1548	2020	**2381**	**2577**	**2577**	2381	2020	1548	1032	538	116	0	20420	20,42
Set	0	0	253	703	1193	1654	2013	2209	2209	2013	1654	1193	703	253	0	0	16050	16,05
Oct	0	0	0	368	801	1224	1561	1747	1747	1561	1224	801	368	0	0	0	11400	11,4
Nov	0	0	0	115	473	838	1136	1303	1303	1136	838	473	115	0	0	0	7730	7,73
Des	0	0	0	10	326	659	934	1090	1090	934	659	326	10	0	0	0	6040	6,04

Tabla 2.6 Tabla de ganacia solar horaria de la cubierta en KJdia/m2

En el siguiente gráfico podemos ver las horas de sol por mes y elemento constructivo, en el que destacan la cubierta, fachada SE y SO tal y como hemos comentado antes.

2.3 Estudio de los sistemas de iluminación

El objetivo final de este estudio es verificar la eficiencia energética de la instalación VEEI y la existencia de sistemas de control y de regulación para optimizar el aprovechamiento de la luz natural. Para poder verificar el cumplimiento de valores límite, este estudio está basado en las limitaciones de las siguientes normativas:

- DBHE3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación
- UNE-EN 12464-1:2003: Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interiores.
- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo
- UNE 72 112 Tareas visuales. Clasificación
- UNE 72 163 Niveles de iluminación. Asignación de tareas

En primer lugar se ha realizado en base al levantamiento de datos un ***estudio de potencia de iluminación (kWh) / volumen espacio (m3)*** para ***determinar gráficamente*** en que espacios hay con ***mayor demanda de iluminación***.

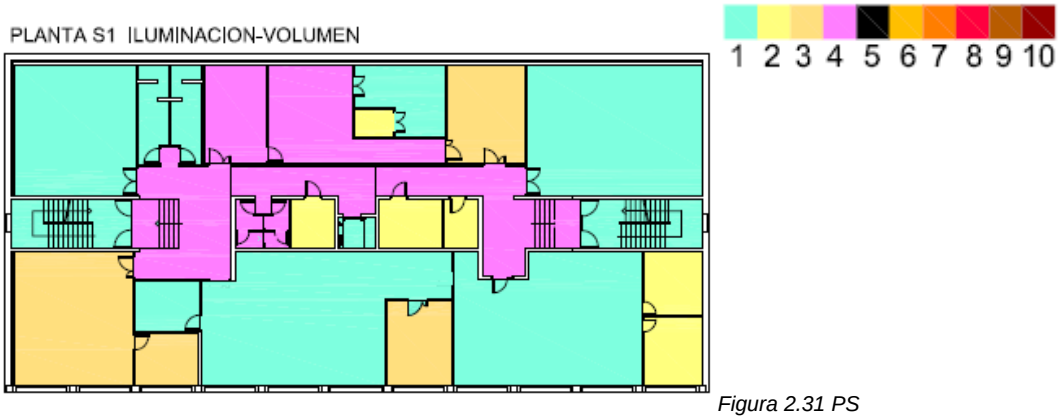


Figura 2.31 PS

En la PS la potencia de iluminación es baja, ya que se trata de laboratorios de ensayos (óptica, acústica, mecánica) con requerimientos muy específicos en cuanto a iluminación. La mayoría requieren luz de forma localizada, no general. Sorprende que las zonas de paso requieran más potencia que el laboratorio de mecánica o despachos localizados.

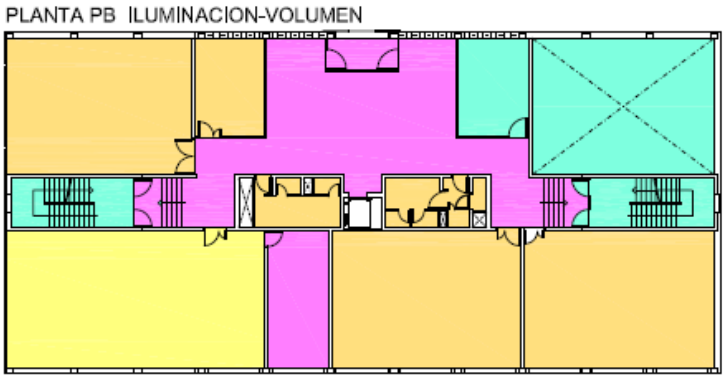


Figura 2.32 PB

En PB salta a la vista que la potencia instalada en las zonas de paso es mayor que en las aulas, laboratorio de prácticas y sala de reuniones.

PLANTA P1 ILUMINACION-VOLUMEN

Figura 2.32 P1

En P1 el aula de PFC y algunos despachos que dan a la fachada NE tiene una potencia baja instalada en comparación con los despachos de menor volumen y el pasillo. La potencia en los baños es excesiva.

PLANTA P2 ILUMINACION-VOLUMEN

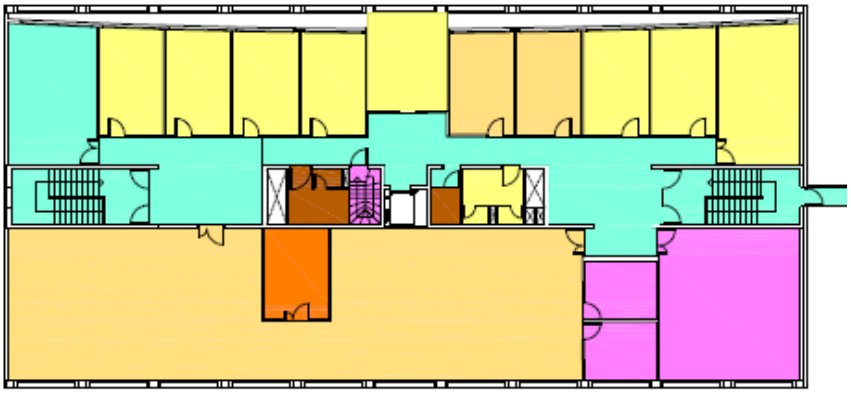


Figura 2.33 P2

En P2 hay algún despacho que dispone de más potencia instalada (FSE), mientras que los despachos de la FNO disponen de la potencia correcta. La potencia en los baños es excesiva.

PLANTA P3 ILUMINACION-VOLUMEN

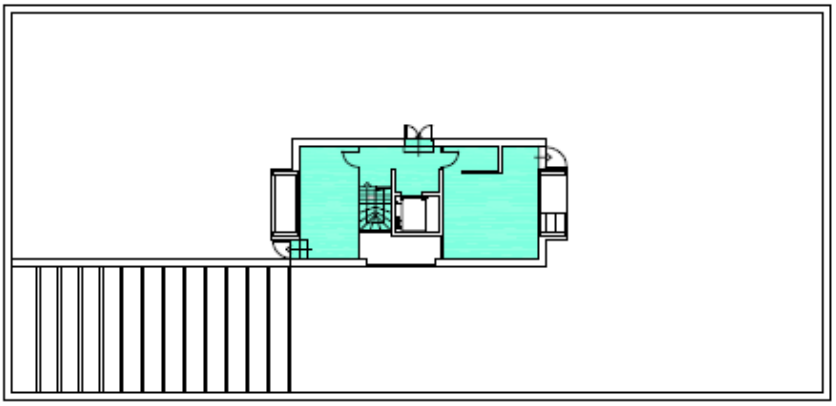


Figura 2.34 PC

En PC la potencia instalada es la mínima de acuerdo con la actividad que se lleva a cabo en estos espacios y la luz natural que disponen.

A continuación se ha medido con ayuda de un ***luxómetro*** en cada espacio los ***niveles de iluminancia media horizontal mantenida Em*** (lux) entre las 11 y 13 h y 16-18 h. Se ha comparado el valor medido in situ con los requisitos de las normativas ***DBHE3, EN-12484 y Guía técnica para la evaluación de los riesgos relativos a utilización de lugares de trabajo***.

ESPACIO CODIGO	TIPO	Nivel E Existente	Nivel E Recomendado	E EN-12464-1:2002	tecnica para la evaluación de los riesgos	Calidad	Sugerencias
S101	Almacen	159	**200**	100	100	Aceptable	Iluminación con detector personas
S101A	Vestidor mujeres	224	**150**	200	100	Excesivo	Iluminación con detector personas
S101B	Vestidor hombres	217	**150**	200	100	Excesivo	Iluminación con detector personas
S102	Lab. Termocompresion	231	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación aceptable por zonas de trabajo
S103	Laboratori	223	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación aceptable por zonas de trabajo
103A	Camara anecoica	0	**400**	0	0	**Deficiente**	Iluminación aceptable por zonas de trabajo
103B	Laboratorio	278	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación aceptable portátil (foco)
103C	Control antenas	407	**400**	500	500	**Aceptable**	Iluminación natural
S104	Camara anecoica	0	**400**	0	0	**Deficiente**	Iluminación aceptable portátil (foco)
S105	Investigación óptica inte	274	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación aceptable por zonas de trabajo
S105A	Despacho	214	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación aceptable por zonas de trabajo
S105B	Despacho	235	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación aceptable por zonas de trabajo
S106	Investigación óptica inte	210	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación aceptable por zonas de trabajo
106A	Laboratorio química	298	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación aceptable por zonas de trabajo
106B	Despacho	243	**400**	500	500	**Deficiente**	Posibilidad de añadir flexo
S107	Taller mecánico	443	**400**	500	500	Aceptable	Trabajo continuo todo el día
S107A	Despacho	114	**400**	750	750	**Deficiente**	Uso esporádico, posibilidad de incorporar flexo
S108	Pasillo	137	**100**	100	300	Aceptable	Iluminación con detector personas
S109	Escalera	62	**100**	150	300	**Deficiente**	Iluminación con detector personas
S110	Escalera	55	**100**	150	300	**Deficiente**	Iluminación con detector personas
S111A	Baños	270	**150**	200	100	Excesivo	Iluminación con detector personas
S111B	Baños	280	**150**	200	100	Excesivo	Iluminación con detector personas
S112	Cuarto maquinaria ascer	260	**200**	200	200	Aceptable	
S113	Cuarto eléctrico	269	**200**	200	200	Aceptable	
S114	Cuarto eléctrico	306	**200**	200	200	Aceptable	

Tabla 2.7. Medición LUX in situ en PS

Los resultados de las mediciones de Em en PS coinciden con los planos de potencia instalada/volumen. Los ***laboratorios específicos disponen de luz aceptable*** por zonas de trabajo y en las ***zonas de paso y baños hay excesiva luz***.

ESPACIO CODIGO	TIPO	Nivel E Existente	Nivel E Recomendado	E EN-12464-1:2002	Guia tecnica para la evaluación	Calidad	Sugerencias
A01	Laboratorio de comunica	386,00	400	500	500	Aceptable	Iluminación aceptable por zonas de trabajo
A02	Sala reuniones	339,50	400	500	500	Aceptable	
003	Consergeria	423,00	400	300	300	Aceptable	
A04	Aula	300,00	400	300	?	**Deficiente**	Estudio Dialux
A05	Aula	315,50	400	300	?	**Deficiente**	Estudio Dialux
A06	Laboratorio de comunica	336,50	400	500	500	**Deficiente**	Iluminación aceptable por zonas de trabajo
007	Despacho y laboratorio	338,50	400	500	500	**Deficiente**	Iluminación aceptable por zonas de trabajo
008	Hall	273,50	400	200	?	**Deficiente**	Estudio Dialux
009	Escalera	120,00	100	150	300	Aceptable	Iluminación con detector personas
010	Escalera	96,50	100	150	300	Aceptable	Iluminación con detector personas
011	Baños	287,50	150	200	100	Excesivo	Iluminación con detector personas
012	Baños	302,00	150	200	100	Excesivo	Iluminación con detector personas

Tabla 2.8. Medición LUX in situ en PB

Al igual que en el estudio de potencia instalada/volumen Los resultados en PB las aulas ***lectivas, el hall y los laboratorios aparecen con niveles de luz deficientes***. Los ***baños disponen de excesiva luz.***

ESPACIO CODIGO	TIPO	Nivel E Existente	Nivel E Recomendado	E EN-12464-1:2002	Guia tecnica para la	Calidad	Sugerencias
101	Despacho	290,00	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
102	Despacho	305,00	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
103	Despacho	256,00	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
104	Despacho	275,00	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
105	Despacho	220,00	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
106	Despacho	284,50	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
107	Sala impresoras	132,00	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
108	Despacho	212,50	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
109	Despacho	230,00	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
110	Despacho	280,00	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
111	Despacho	290,00	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
112	Despacho	168,50	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
113	Despacho	191,00	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
114	Despacho	227,00	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
115	Despacho	277,00	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
116	Despacho	241,50	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
117	Despacho	320,00	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
118	Despacho	325,50	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
121	Pasillo	102,00	**100**	100	300	Aceptable	Iluminación con detector personas
122	Escalera	114,00	**100**	150	300	Acpetable	Iluminación con detector personas
123	Baño	190,50	**150**	200	300	Aceptable	Iluminación con detector personas
124	Baño	215,00	**150**	200	100	Aceptable	Iluminación con detector personas
125	Cuarto limpieza	200,00	**150**	200	100	**Deficiente**	Iluminación con detector personas
127	Baño	187,50	**150**	200	100	Excesiva	Iluminación con detector personas
128	Escalera	101,00	**100**	150	300	Aceptable	Iluminación con detector personas

Tabla 2.9. Medición LUX in situ en P1

En P1 la medición in situ corresponde con los planos de potencia instalada/volumen. Los ***despachos*** aparecen con un ***nivel de luz deficiente***, no obstante al disponer prácticamente cada mesa de trabajo de un **flexo** los usuarios pueden ***aumentar el nivel*** de luz. En los **baños** vuelve a haber un ***niveles de luz excesivos.***

ESPACIO CODIGO	TIPO	Nivel E Existente	Nivel E Recomendado	E EN-12464-1:2002	Guia tecnica para la evaluación	Calidad	Sugerencias
201	Biblioteca	248,5	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
202	Despacho	335	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
203	Despacho	320	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
204	Despacho	306,5	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
205	Despacho	210	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
206	Cuarto impresoras	223	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
207	Despacho	275	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
208	Despacho	296	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
209	Despacho	293	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
210	Despacho	301,5	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
211	Despacho	268	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
212	Sala PFC	289	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
213	Laboratorio	310,5	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
214	Despacho laboratorio	324	**400**	1500	?	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
215	Laboratorio electrónica	247,5	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
216	Despacho	242,5	**400**	500	500	**Deficiente**	Iluminación suficiente con flexos y luz natural
217	Escalera	243,5	**100**	150	300	Excesiva	Iluminación con detector personas
218	Baño	201,5	**150**	200	100	Excesiva	Iluminación con detector personas
219	Escalera cubierta	207	**100**	150	300	Aceptable	Iluminación con detector personas
220	Baño	196	**150**	200	100	Aceptable	Iluminación con detector personas
221	Baño	182,5	**150**	200	100	Aceptable	Iluminación con detector personas

Tabla 2.10. Medición LUX in situ en P2

Lo mismo sucede en P2 donde se ha medido en los despachos la luz general, sin flexos encendidos, por lo que aparecen con un nivel de luz deficiente. En los baños y caja de escalera hay un exceso de luz.

ESPACIO CODIGO	TIPO	Nivel E Existente	Nivel E Recomendado	E EN-12464-1:2002	Guia tecnica para la	Calidad	Sugerencias
301	Laboratorio	301,50	**400**	500	500	**Deficiente**	Complementar
302	Cuarto maquinaria calef-	250,00	**150**	200	200	Aceptable	
303	Escalera	207,00	**100**	150	300	Excesivo	Iluminación con detector personas

Tabla 2.11 Medición LUX in situ en PC

Para finalizar en la planta cubierta hay un ***exceso de luz en la escalera*** y luz deficiente en el laboratorio de medición.

Comprobación de propiedades y cumplimiento con normativa

Para poder verificar el cumplimiento de las instalaciones de iluminación con el CTE-DBHE3 previamente se ha tenido que realizar un levantamiento de datos (puntos de luz y potencia por punto de luz) para poder calcular los siguientes valores para cada espacio:

- Indice del local K
- Iluminancia media horizontal mantenida (Em)
- Indice de deslumbramiento unificado (UGR)
- Índices de mantenimiento de color (Ra) de los modelos de lámparas
- Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) resultante
- Potencia del conjunto (lámpara+equipo auxiliar)

Una vez identificado que el edificio D3 corresponde según la tabla 2.1. del DBHE3 a una "zona de no representación" es decir un edificio con espacios donde el uso es más importante que el diseño e identificadas las zonas de actividad disponemos de los ***límites VEEI*** marcados por la normativa.

En paralelo se ha verificado con el "Departament de Manteniment de la UPC" que se realiza un mantenimiento anual de los puntos de luz para garantizar su máxima eficiencia.

Comprobación de cumplimiento de los límites VEEI según el DBHE3

ESPACIO		VEEI		
CODIGO	TIPO	VEEI real	VEEI lim s/HE3	Notas
S101	Almacen	2,9	3,5	Suficiente
S101A	Vestidor mujeres	5,1	4,5	Suficiente
S101B	Vestidor hombres	4,1	4,5	Insuficiente
S102	Lab. Termocompresion	8,3	4,0	Excesivo
S103	Laboratori	4,7	4,0	Suficiente
103A	Camara anecoica	#¡DIV/0!	4,0	Uso puntual
103B	Laboratorio	12,6	4,0	Suficiente
103C	Control antenas	3,6	4,0	Suficiente
S104	Camara anecoica	#¡DIV/0!	4,0	Uso puntual
S105	Investigación óptica integrada	2,6	4,0	Suficiente
S105A	Despacho	4,6	3,5	Suficiente
S105B	Despacho	26,1	3,5	Excesivo
S106	Investigación óptica integrada	1,3	3,5	Suficiente
106A	Laboratorio química	2,9	4,0	Suficiente
106B	Despacho	29,4	3,5	Uso esporádico
S107	Taller mecánico	0,4	4,0	Mejorable
S107A	Despacho	50,5	3,5	Excesivo
S108	Pasillo	0,7	4,5	Suficiente
S109	Escalera	7,4	4,5	Excesivo
S110	Escalera	4,2	4,5	Suficiente
S111A	Baños	3,9	4,5	Mejorable
S111B	Baños	5,2	4,5	Suficiente
S112	Cuarto maquinaria ascensor	3,3	5,0	Mejorable
S113	Cuarto eléctrico	2,2	5,0	Mejorable

Tabla 2.12 Cumplimiento VEEI según DBHE3 en PS

ESPACIO		VEEI		
CODIGO	TIPO	VEEI real	VEEI lim s/HE3	Notas
A01	Laboratorio de comunicación	2,3	4,0	Falta contar luz mesa
A02	Sala reuniones	3,4	3,5	Suficiente
003	Consergeria	2,6	3,5	Insuficiente
A04	Aula	4,2	4,0	Suficiente
A05	Aula	4,0	4,0	Suficiente
A06	Laboratorio de comunicación	2,9	4,0	Graduacion persianas
007	Despacho y laboratorio	6,9	3,5	Excesivo
008	Hall	2,6	4,5	Insuficiente
009	Escalera	3,7	4,5	Insuficiente
010	Escalera	4,7	4,5	Suficiente
011	Baños	2,2	4,5	Insuficiente
012	Baños	3,8	4,5	Insuficiente

Tabla 2.13 Cumplimiento VEEI según en PB

CODIGO	TIPO	VEEI real	VEEI lim s/HE3	Notas
101	Despacho	4,7	3,5	Suficiente
102	Despacho	2,7	3,5	Graduacion persianas
103	Despacho	5,0	3,5	Excesivo
104	Despacho	6,1	3,5	Excesivo
105	Despacho	3,8	3,5	Suficiente
106	Despacho	4,5	3,5	Suficiente
107	Sala impresoras	8,0	3,5	Excesivo
108	Despacho	8,2	3,5	Excesivo
109	Despacho	7,4	3,5	Excesivo
110	Despacho	3,0	3,5	Graduacion persianas
111	Despacho	4,3	3,5	Suficiente
112	Despacho	7,1	3,5	Excesivo
113	Despacho	8,5	3,5	Excesivo
114	Despacho	7,4	3,5	Excesivo
115	Despacho	3,5	3,5	Suficiente
116	Despacho	3,7	3,5	Suficiente
117	Despacho	4,4	3,5	Suficiente
118	Despacho	1,3	3,5	Graduacion persianas
119	Galeria exterior	#¡DIV/0!	0,0	
120	Galeria exterior	#¡DIV/0!	0,0	
121	Pasillo	15,2	4,5	Excesivo
122	Escalera	3,9	4,5	Insuficiente
123	Baño	4,0	4,5	Insuficiente
124	Baño	7,5	4,5	Excesivo
125	Cuarto limpieza	4,7	3,5	Suficiente

Tabla 2.14 Cumplimiento VEEI según en P1

ESPACIO		VEEI		
CODIGO	TIPO	VEEI real	VEEI lim s/HE3	Notas
201	Biblioteca	2,4	3,5	Suficiente
202	Despacho	**3,3**	3,5	*Graduacion persianas*
203	Despacho	**3,4**	3,5	*Graduacion persianas*
204	Despacho	**2,3**	3,5	*Graduacion persianas*
205	Despacho	5,2	3,5	Suficiente
206	Cuarto impresoras	4,2	3,5	Suficiente
207	Despacho	**2,6**	3,5	*Graduacion persianas*
208	Despacho	4,9	3,5	Suficiente
209	Despacho	4,8	3,5	Suficiente
210	Despacho	**2,3**	3,5	*Graduacion persianas*
211	Despacho	4,0	3,5	Suficiente
212	Sala PFC	**9,0**	3,5	**Excesivo**
213	Laboratorio	6,3	4,0	Suficiente
214	Despacho laboratorio	**3,8**	4,0	**Insuficiente**
215	Laboratorio electrónica	9,1	4,0	Suficiente
216	Despacho	16,2	4,0	Excesivo
217	Escalera	5,5	4,5	Suficiente
218	Baño	**4,2**	4,5	**Insuficiente**
219	Escalera cubierta	**9,7**	4,5	**Excesivo**
220	Baño	**8,3**	4,5	**Excesivo**
221	Baño	5,5	4,5	Suficiente
222	Escalera	**8,9**	4,5	**Excesivo**
223	Pasillo	5,9	4,5	Suficiente

Tabla 2.15 Cumplimiento VEEI según en P2

ESPACIO		VEEI		
CODIGO	TIPO	VEEI real	VEEI lim s/HE3	Notas
301	Laboratorio	2,4	4,0	Insuficiente
302	Cuarto maquinaria calefaccion	3,7	3,5	Suficiente
303	Escalera	4,0	4,0	Suficiente

Tabla 2.16 Cumplimiento VEEI según en PC

Se recomienda:

1. Verificar la simultaneidad de uso de luminarias en los despachos en los que el VEEI es excesivo.
2. Verificar si hace falta incrementar el nivel de iluminación en los espacios en los que el VEEI aparece como insuficiente.
3. Sustituir las persianas graduables en mal estado.

Comprobación de existencia de sistemas de control y regulación de la luz

ESPACIO		SISTEMAS CONTROL Y REGULACION				
CODIGO	TIPO	Θ*real	Θ*min	Treal	Tmin	Comentarios
S105	Investigación óptica integrada	56	56	0,01	0,07	laboratorios medicion luz
S105B	Despacho	56	56	0,02	0,07	insuficiente
S106	Investigación óptica integrada	56	56	0,01	0,07	laboratorios medicion luz
106A	Laboratorio química	56	56	0,02	0,07	laboratorios medicion luz
106B	Despacho	56	56	0,02	0,07	laboratorios medicion luz
S107	Taller mecánico	56	56	0,01	0,07	insuficiente
S107A	Despacho	56	56	0,04	0,07	insuficiente

Tabla 2.17 Sistemas de control de iluminación y regulación de luz en PS

A01	Laboratorio de comunicación	100	100	0,09	0,07	suficiente
A02	Sala reuniones	100	100	0,02	0,07	insuficiente, cara no
003	Consergeria	100	100	0,02	0,07	insuficiente, cara no
A04	Aula	64	56	0,06	0,07	insuficiente
A05	Aula	64	56	0,06	0,07	insuficiente
A06	Laboratorio de comunicación	64	56	0,13	0,07	suficiente
007	Despacho y laboratorio	64	56	0,05	0,07	suficiente
008	Hall	100	100	1,31	0,07	suficiente
009	Escalera	22	56	0,04	0,07	insuficiente
010	Escalera	22	56	0,04	0,07	insuficiente

Tabla 2.18 Sistemas de control de iluminación y regulación de luz en PB

101	Despacho	100	100	0,04	0,07	Insuficiente
102	Despacho	100	100	0,06	0,07	Insuficiente
103	Despacho	100	100	0,06	0,07	Insuficiente
104	Despacho	100	100	0,06	0,07	Insuficiente
105	Despacho	100	100	0,06	0,07	Insuficiente
106	Despacho	100	100	0,06	0,07	Insuficiente
107	Sala impresoras	100	100	0,04	0,07	Insuficiente
108	Despacho	100	100	0,06	0,07	Insuficiente
109	Despacho	100	100	0,06	0,07	Insuficiente
110	Despacho	100	100	0,06	0,07	Insuficiente
111	Despacho	100	100	0,06	0,07	Insuficiente
112	Despacho	100	100	0,06	0,07	Insuficiente
113	Despacho	100	100	0,04	0,07	Insuficiente
114	Despacho	75	56	0,03	0,07	Insuficiente
115	Despacho	75	56	0,04	0,07	Suficiente
116	Despacho	75	56	0,08	0,07	Suficiente
117	Despacho	75	56	0,04	0,07	Insuficiente
118	Despacho	75	56	0,03	0,07	Insuficiente
122	Escalera	22	56	0,31	0,07	Suficiente
128	Escalera	0	0	0,31	0,07	Suficiente

Tabla 2.19 Sistemas de control de iluminación y regulación de luz en P1

ESPACIO		SISTEMAS CONTROL Y REGULACION				
CODIGO	TIPO	Θ*real	Θ*min	Treal	Tmin	Comentarios
201	Biblioteca	100	100	**0,06**	0,07	**Insuficiente**
202	Despacho	100	100	**0,08**	0,07	Suficiente
203	Despacho	100	100	**0,08**	0,07	Suficiente
204	Despacho	100	100	**0,09**	0,07	Suficiente
205	Despacho	100	100	**0,09**	0,07	Suficiente
206	Cuarto impresoras	100	100	**0,08**	0,07	Suficiente
207	Despacho	100	100	**0,09**	0,07	Suficiente
208	Despacho	100	100	**0,09**	0,07	Suficiente
209	Despacho	100	100	**0,08**	0,07	Suficiente
210	Despacho	100	100	**0,08**	0,07	Suficiente
211	Despacho	100	100	**0,06**	0,07	**Insuficiente**
212	Sala PFC	85	56	**0,03**	0,07	**Insuficiente**
213	Laboratorio	85	56	**0,04**	0,07	**Insuficiente**
215	Laboratorio electrónica	85	56	**0,05**	0,07	**Insuficiente**
217	Escalera	**22**	56	**0,35**	0,07	Suficiente
222	Escalera	**22**	56	**0,35**	0,07	Suficiente

Tabla 2.20 Sistemas de control de iluminación y regulación de luz en P2

Se recomienda:

1. Todos los espacios de la fachada NO donde la T<0,07 precisan cortinas para graduar la luz.
2. Se recomienda sustituir las cortinas interiores graduables en la fachada SE que no funcionan correctamente.

Estudio de iluminación artificial de una aula lectiva con el programa DIALUX

Este programa de diseño y cálculo de la iluminación simula los niveles de iluminación artificial de una estancia y los compara con los niveles óptimos recomendados de deslumbramiento e iluminancia.
Se ha escogida como ejemplo de cálculo las aulas en PB donde podría haber la mayor falta de luz.

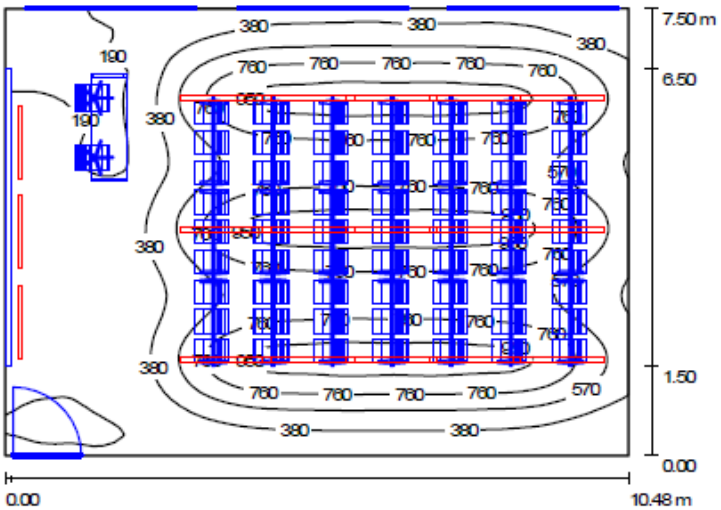


Figura 2.35 Esquema DIALux del aula con niveles de iluminancia

Si comprobamos los ***valores VEEI calculados*** y aplicamos el mismo factor de mantenimiento Fm=0,67 obtendremos VEEI=2,68 W/m2 lux, valor ***algo mayor*** que el ***obtenido con el software DIALUX***.

Altura del local: 3.250 m, Factor mantenimiento: 0.67 — Valores en Lux, Escala 1:97

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	570	101	1043	0.18
Suelo	54	427	77	719	0.18
Techo	78	218	122	317	0.56
Paredes (4)	78	221	16	1221	/

Plano útil:
Altura: 0.850 m
Trama: 64 x 64 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Luminarias-Lista de piezas

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	3	OSRAM GmbH 72585 OSRAM ECOPACK® 36W (1.000)	3200	36
2	15	OSRAM GmbH 72587-11 Raster für OSRAM ECOPACK® 58W (1.000)	5000	55
		total:	84600	933

Valor de eficiencia energética: 11.87 W/m² = 2.08 W/m²/100 lx (Base: 78.60 m²)

Figura 2.37 Resultados medición DIALux con niveles de iluminancia E min y max

La medición del nivel de iluminación en el plano útil es de 570 lx y el límite establecido en base a la actividad desarrollada 300 lx.

Método				MIN (LUX)	MÁX (LUX)	MEDIA (LUX)	Em	Cumple	Superficie (m2)	Potencia (W)	VEEI real	VEEI lim s/HE3	Notas
Luxómetro	A04	Aula	SE	221	379	**300**	**300**	cumple	78,86	990	2,7	4,0	cumple
Luxómetro	A05	Aula	SE	273	358	**315,5**	**300**	cumple	77,81	990	2,7	4,0	cumple
Dialux		Aula		101	1043	**560**	**300**	cumple	78,60	933	2,1	4,0	cumple

Tabla 2.21 Comparativa niveles iluminación DIALux y medición in situ

Los valores de la medición in situ Em=300 lx se realizaron a una altura de 1,2 m por lo que se sitúan entre el Em del plano útil y el techo. En consecuencia el estudio ***DIALux coincide con las mediciones in situ*** y los ***niveles de luz y VEEI cumplen con la normativa actual.***

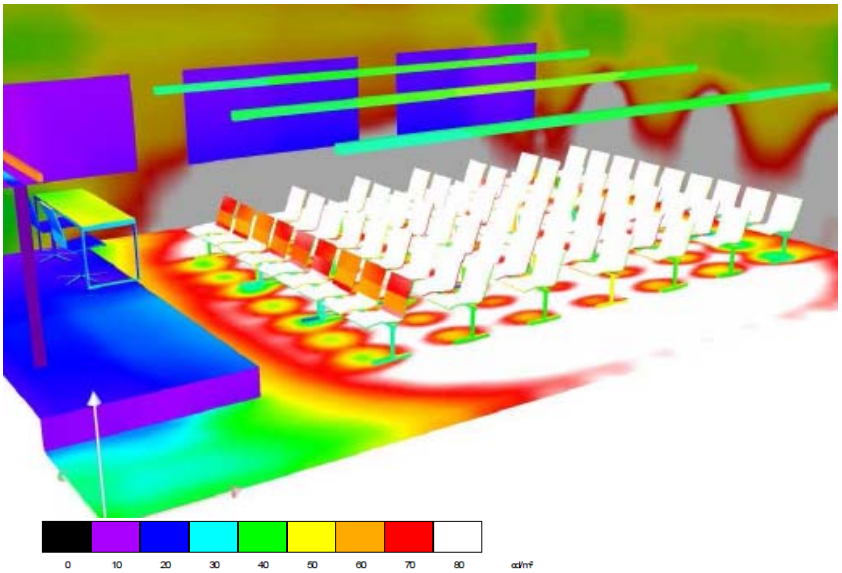


Figura 2.38 DIALux: Luminancia o densidad luminosa representada en 3D (cd/m2)

Nota: La uminancia es la relación entre intensidad luminosa por unidad de superficie perpendicular a la luz

2.4 Estudio de los sistemas de calefacción y climatización

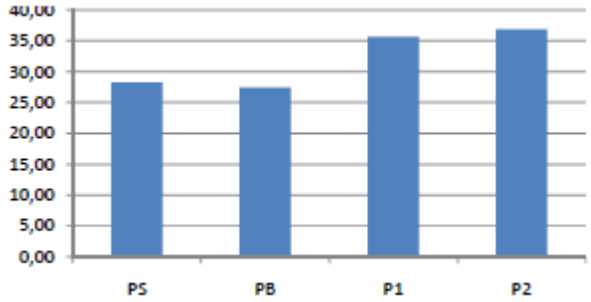
En el siguiente estudio se ha analizado la distribución de la potencia instalada de calefacción y refrigeración en relación con la orientación del edifcio y la ocupación de las aulas.

	1. GENERADORES DE CALOR				
	Tipo	Número	ncia calefac	otal Potencia (Kw	umo mes (KWh)
PS	Circuito norte	6	0,71	4,25	28,28
PS	Circuito pasillo	56	0,26	7,97	
PS	Circuito sur	41,75	0,39	16,06	
PB	Circuito norte	12	0,40	4,78	27,41
PB	Circuito pasillo	33	0,20	6,58	
PB	Circuito sur	41,5	0,39	16,05	
P1	Circuito norte	26,75	0,53	14,20	35,61
P1	Circuito pasillo	56	0,11	6,14	
P1	Circuito sur	23,25	0,66	15,27	
P2	Circuito norte	33,5	0,53	17,79	36,85
P2	Circuito pasillo	54	0,11	5,92	
P2	Circuito sur	24,75	0,53	13,14	
				TOTAL (kWh)	128,14

Tabla 2.22 Potencia total instalada de calefacción (kWh)por planta

En los siguientes gráficos se puede observar que la mayor potencia en calefacción se ha instalado en la P2, seguido por la P1. Se trata de las plantas más frecuentadas y con un uso más regular durante el día en comparación con la PS y PB.

Si observamos el gráfico de la distribución por circuitos, cabe destacar que el circuito sur es el mayor. Las aulas ubicadas en el circuito disponen del 50% de los radiadores del circuito central, por lo que estarán aun más calefactadas que los espacios de la fachada NO.



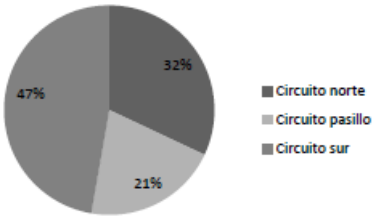


Figura 2.39 Distribución de potencia total por plantas *Figura 2.40 Distribución de potencia por circuitos*

Si analizamos la distribución de la potencia instalada planta por planta, observamos que en ***PS, PB y P1 la mayor potencia se encuentra en el circuito sur***, mientras que en **P2** se trata del ***circuito norte.***

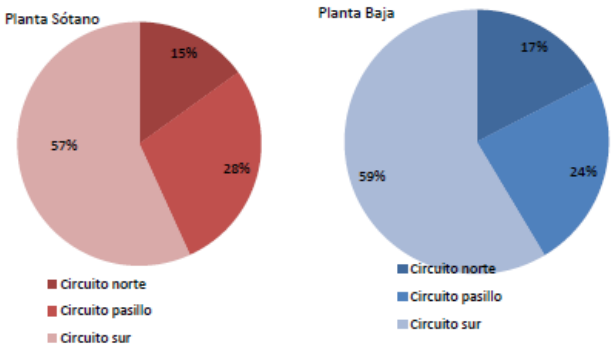


Figura 2.41 Potencia kWh por circuito en PS y PB

En ***P1 la calefacción*** en la ***sala grande de PFC orientada a SE*** está ***sobredimensionada*** considerando la orientación del espacio y el uso del mismo. El aporte térmico de una fachada orientada a SE en los meses de invierno (considerando que los árboles son de hoja caduca y recién plantados y la baja inclinación del sol en los meses de invierno) es de 3.000-3.400 KJdia/m2. Esta conclusión coincide con la sensación térmica de los usuarios encuestados.

Considerando que las mayores ***ganacias térmicas se producen en la P2 a través de la cubierta y de la fachada SE*** (50% de la superficie de P2 orientada a SE) ver estudio de radiación solar Anexo 2.2.2), consideramos que la ***mayor demanda térmica la tendrá la fachada NO***, por lo que el circuito está correctamente dimensionado.

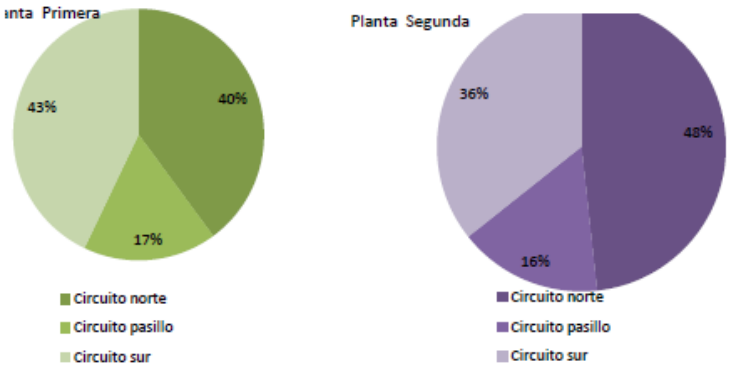


Figura 2.42 Potencia kWh por circuito en P1 y P2

Planos dimensionado potencia climatización (kWh) / volumen (m3)

En la PS y PB podemos observar que solo están climatizados los espacios que disponen de equipos de medición sensibles al cambio de temperatura, por lo que requieren un control de temperatura constante. El resto de espacios en PS no dispone de refrigeración al tratarse de una planta semienterrada (la tierra amortigua y absorbe el calor del edificio) con ventilación forzada.

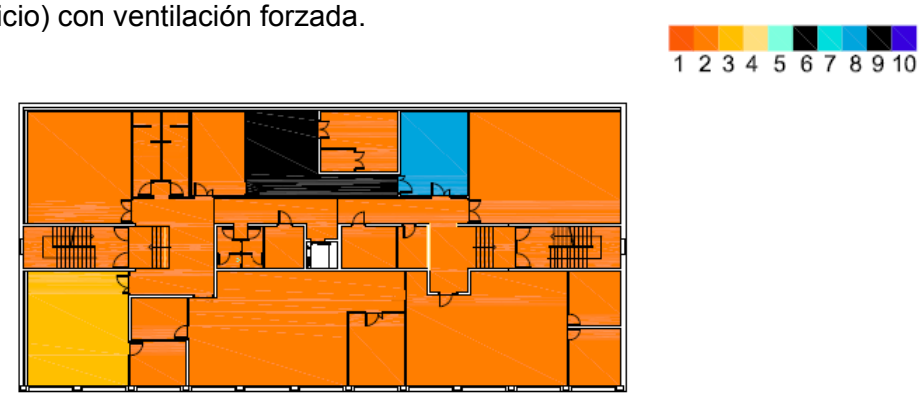


Figura 2.43 Dimensionado climatización Potencia(kWh)/Volumen(m3) en PS

Las aulas en PB no disponen de refrigeración ni de sistemas pasivos de control y regulación de luz. Por otra parte al haber sustituido las antiguas acacias por nuevas, estas aulas posiblemente presenten un aumento de la Ti en los próximos 5 años.

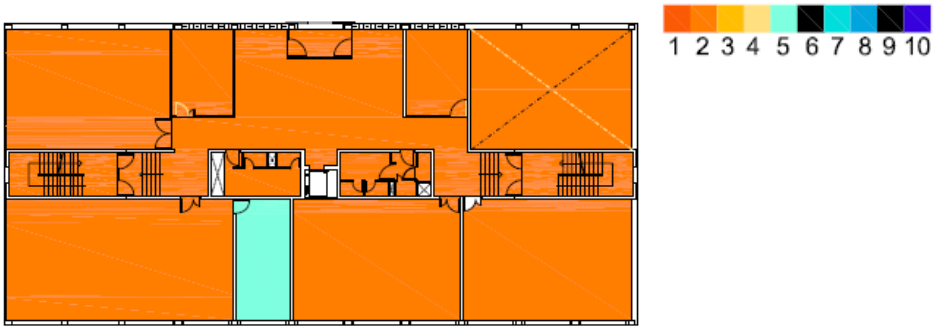


Figura 2.44 Dimensionado climatización Potencia(kWh)/Volumen(m3) en PB

En los ***despachos de la P1 se ha instalado la máxima potencia/volumen***, seguido por las aulas y despachos en la fachada SE. Comparativamente el aula de PFC dispone de poca potencia de refrigeración considerando el volumen del espacio y los equipos y las personas que trabajan ahí a diario.

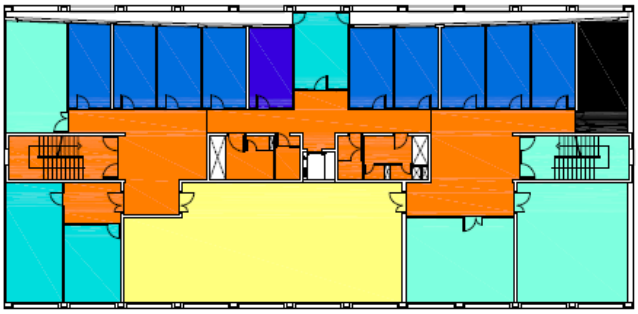


Figura 2.45 Dimensionado climatización Potencia(kWh)/Volumen(m3) en P1

Los ***despachos*** de la ***P2 disponen de la máxima potencia instalada/volumen*** en comparación con el resto de espacios. El ***laboratorio de ensayo dispone de poca potencia*** de refrigeración instalada considerando el volumen del espacio, los equipos de medición, la ganancia térmica a través de la cubierta y fachada SE y de la dificultad de ventilar de forma cruzada. Esta ***conclusión coincide*** con la sensación térmica de los usuarios ***encuestados***.

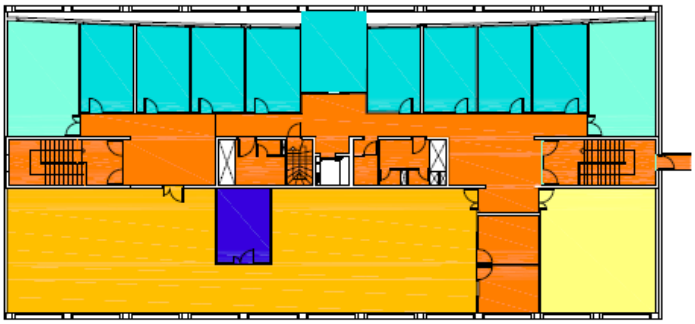


Figura 2.46 Dimensionado climatización Potencia(kWh)/Volumen(m3) en P2

La planta cubierta no dispone de refrigeración, al igual que todo los espacios comunes del edificio.

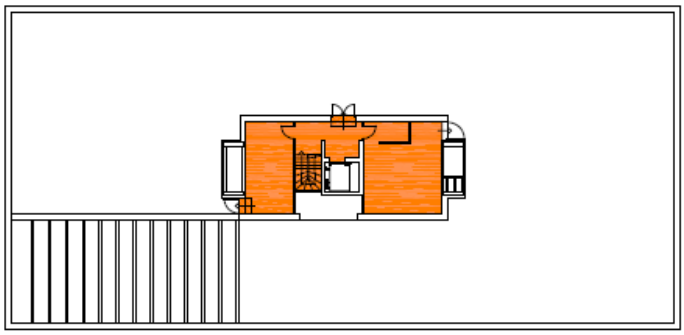


Figura 2.47 Dimensionado climatización Potencia(kWh)/Volumen(m3) en PC

2.5 Estudio de adecuación de los sistemas al nuevo RITE

El nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicos en los Edificios (RITE) promulgado por el Real Decreto 1027/2007 el 20 de julio 2007 constituye el marco normativo básico en el que ser regulan los requisitos de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas (calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (ACS) en los edificios tanto en las fases de diseño, dimensionado y montaje, como durante su uso y mantenimiento.

El objetivo último del nuevo reglamento es mejorar el rendimiento energético de las instalaciones para reducir los consumos en los edificios. Su elaboración responde a la obligación de transponer la directiva europea 2002/91/CE de Eficiencia Energético de los Edificios y a la aprobación del CTE en 2006.

Este relativamente nuevo reglamento es de obligado ***cumplimiento desde el 29 de febrero 2008*** y sustituye al anterior RITE aprobado en 1998.

El ***RITE se debe aplicar*** a ***todas las instalaciones térmicas de los edificios*** de nueva construcción y a las instalaciones de los edificios ***ya construidos***, por lo que se refiere a su ***reforma, mantenimiento, uso e inspección con las limitaciones que la propia normativa*** establece.

En la normativa cabe destacar la división clara de responsabilidades de los diferentes agentes que intervienen en la instalación, desde el proyectista hasta el usuario final. El objetivo final de esta división es asegurar ***el correcto funcionamiento de las instalaciones*** durante toda su vida útil ***mejorando así la eficiencia del sistema*** y por consiguiente el ***ahorro energético y reduciendo las emisiones de CO2.***

Diseño, dimensionado y manual de uso y mantenimiento: proyectista
Montaje e instrucciones: instalador
Mantenimiento: Encargado de mantenimiento
Uso: usuario
Inspección: inspector

El RITE nuevo ***obliga a la realización de inspecciones técnicas periódicas*** con el objetivo de asesorar al titular de la instalación sobre las posibilidades de reducción del consumo y verificar el cumplimiento del manual de uso y mantenimiento redactado por el proyectista o en el caso de una instalación existente del jefe de mantenimiento.

Asimismo de acuerdo con la ***Instrucción Técnica IT3*** del RITE es obligatorio la redacción y cumplimiento de un programa de mantenimiento preventivo y de un programa de gestión energética

A continuación se detalla el ***programa de mantenimiento preventivo*** realizado por el ***Departamento de Mantenimiento de la UPC***, basado en el programa de actividades que recomienda el propio RITE.

Los siguientes trabajos se realizan por el propio departamento de mantenimiento de la UPC constituido por ***3 personas fijas***. En base al tipo de trabajo a realizar subcontratan personal especializado. En el caso de las instalaciones de ***climatización*** la empresa contratada es ***SPIE IBÉRICA***.

Equipos individuales de Aire acondicionado

Descripción de trabajos	Periodicidad
Limpieza de los evaporadores	Anual
Limpieza de los condensadores	Anual
Comprobación de la estanqueid y niveles de refrigeración y aceite en los equipos frigoríficos	Octubre

Tabla 2.23 Trabajos de mantenimiento en equipos de aire acondicionado

Calderas y bombas de impulsión

Descripción de trabajos	**Periodicidad**
Comprobación y limpieza, si necesario, del circuito de humos de calderas	Octubre
Comprobación y limpieza, si necesario, de los conductos de humos y chimeneas	Octubre
Limpieza del quemador de la caldera	Octubre
Revisión del vaso de expansión	Octubre
Comprobación del material refractario	Octubre
Comprobación de la estanqueidad del cerrameinto entre quemador y caldera	Octubre
Revisión de calderas de gas	Octubre

Tabla 2.24 Trabajos de mantenimiento en equipos de calefacción

Radiadores y convectores

Descripción de trabajos	***Periodicidad***
Radiadores y convectores	
Inspección exterior: estado de pintura, inexistencia de corrosiones y humedades. Repaso de pintura si procede	Anual
Inspección de estado de soportes y afianzamiento de estos si procede	2A
Inspección de fugas de agua.	2A
Verificación de estanquidad de llaves de paso y detentores. Apertura y cierre manual.	2A
Inspección de goteos en prensas de llaves de paso.	2A
Inspección de purgadores de aire, manuales y automáticos. Purga y eliminación de aire.	Mensual
Verificación de inexistencia de aire en el interior.	Mensual
Verificación de flujos de agua caliente a través de los radiadores y	Anual
Comprobación de los niveles de agua en los circuitos	Anual
Inspección de purgadores de aire, manuales y automáticos. Purga y eliminación de aire.	Mensual
Verificación de inexistencia de aire en el interior.	Mensual
Verificación de flujos de agua caliente a través de los radiadores y	Anual
Comprobación de los niveles de agua en los circuitos	Anual

Tabla 2.25 Trabajos de mantenimiento en radiadores y convectores

Instalación de agua y ventilación

Descripción de trabajos	*Periodicidad*
Comprobación de la estanqueidad de los bajantes	Anual
Comprobación de la estanqueidad de las válvulas de interceptación	Anual
Comprobación del funcionamiento de los elementos de seguridad	Anual
Revisión y limpieza de filtros de agua	Anual
Revisión y limpieza de filtros de aire	Anual
Revisión de unidades terminales agua-aire	Anual
Ventilación	
Revisión del sistema de preparación de ACS	NA
Revisión del estado del aislamiento térmico	Anual
Revisión del sistema de control automático	Anual

Tabla 2.26 Trabajos de mantenimiento en instalaciones de agua y ventilación

En cuanto al **programa de gestión energética**, se realizan anualmente las siguientes mediciones de los generadores de calor (calderas de combustión de gas), dado que son obligatorias para instalaciones de calefacción superiores a los 20 KW (2 calderas gas IYGNIS IBERICA NA100).

- Temperatura y presión del fluido portador de entrada y salida del generador
- Cuantificación, composición y caracterización de los gases de combustión

Las inspecciones de eficiencia energética son obligatorias para instalaciones de calor >20 KW y de frío de >12 KW

Evaluación de generadores de calor		Limite	IGNIS IBERICA N	YGNIS NA 100
Temperatura y presión del fluido portador en entrada y salida del generador		na	na	na
Temperatura ambiente del local o sala de máquinas	feb		23,2 ºC	23,2 ºC
Temperatura de los gases de combustión	feb	120-190ºC	182,1ºC	143,1ºC
Contenido en 02	feb	3-5%	7,40%	6,00%
Contenido de C02 en los productos de combustión	feb	8-10,5%	7,70%	8,50%
Contenido de C0 en los productos de combustión	feb	0-50 ppm	0	0
Pérdidas por humos	feb	5-10%	9,40%	6,50%
Exceso aire	feb	1,2 a 1,4%	1,54%	1,40%
Rendimiento	feb	90-95%	90,60%	93,50%
Indice de opacidad de los humos en combustibles sólidos o líquidos y	feb	na	na	na
Tiro de la caja de humos de la caldera	feb	0-2 mmOE	0	0
Valoración:			ok	ok

Tabla 2.27 Informe de combustión de gases de las calderas del edificio D3

En el informe de evaluación de este año de la caldera se puede ver que el contenido en agua y aire es superior al permitido. Las emisiones de CO2 8 % están dentro del rango establecido 8-10,5%. Como recordatorio por cada kWh producido por combustión de gas produce 0,231 kgCO2 (Guia FE, ADEME).

En resumen el ***rendimiento de la caldera es bueno con un 93,5 %*** dentro del rango establecido (90-95%).

No se realizan mediciones de los generadores de frío, ya que se trata de equipos autónomos y ***ninguno de ellos supera los 12 KW.***

Para controlar el correcto funcionamiento de las instalaciones, el "Departament de Manteniment de la UPC" dispone del control remoto de todos los edificios para poder verificar mediante una aplicación informática el correcto funcionamiento de los sistemas de calefacción, refrigeración y eléctrico. En caso de registrar un fallo, salta una alarma automáticamente por lo que se pueden evitar daños mayores mediante la rápida acción de los técnicos.

Control Digital Directo (DDC)

Dentro del Plan UPC Sostenible 2015, se creó el programa UPCO2 (2006-2009) en el que se realizó durante la primera fase un sistema de Información de Recursos Energéticos y Agua de la universidad también conocido como SIRENA http://www.upc.edu/sirena. Este sistema consta de un sistema de monitorización y

visualización del consumo de electricidad, gas y agua en los edificios. El objetivo útlimo de esta acción es el conocimiento y análisis de los datos de consumo con la posibilidad de proponer y realizar acciones que reduzcan las emisiones por consumo energético de los edificios de la UPC. En los próximos años se prevée desarrollar un Carbon Management Plan (plan de reducción del carbono) establecida ya en otras universidades europeas.
El control de datos se está realizando desde el Centro de Sostenibilidad del Campus Nord (Responsable CITIES: Milena Ràfols www.upc.edu/centresostenibilitat)

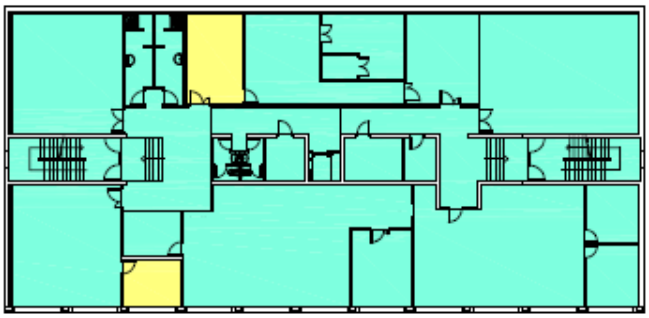
2.6 Estudio de ocupación

A partir de un ***detallado levantamiento de datos*** se ha anotado por cada espacio y franja horaria la ocupación media por usuarios (ver anexo 2.6.1). Para ello se han recuperado los calendarios festivos y lectivos del edificio de los últimos cuatro años y se ha realizado una encuesta a los usuarios del edificio (estudiantes y profesores).

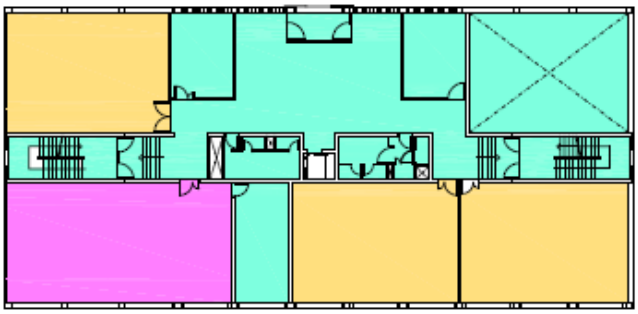
En base a estos datos se ha realizado unos ***gráficos de ocupación (usuarios/espacio), superficie (m2) /usuario y superficie(m2) /grado de ocupación (usuario/volumen***) (ver anexos 2.6.1) para poder identificar los espacios con mayor carga térmica aportada por los usuarios.

En paralelo se ha ***calculado el calor latente medio por tipo de espacio*** aportado por los usuarios al edificio para poder contabilizarlo al definir la demanda energética del edificio y valorar el dimensionado de la potencia de calefacción, climatización e iluminación.

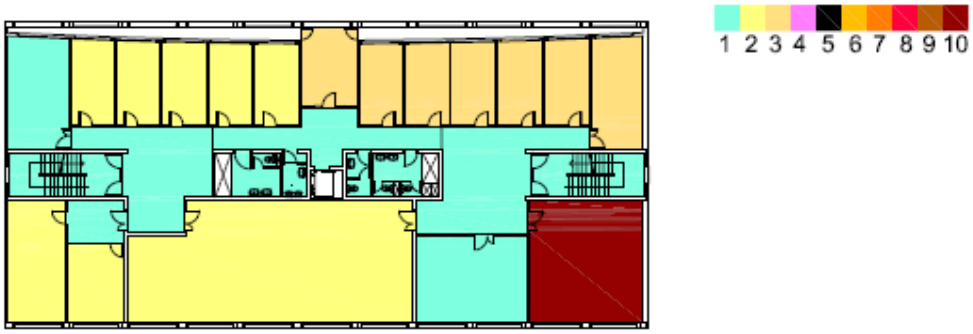
Gráfico Ocupación (personas/superficie m2)



PS

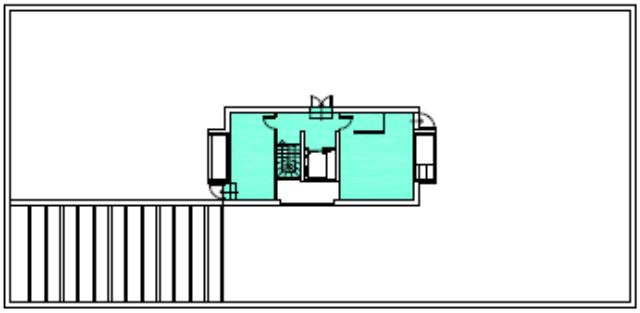


PB



P1

P2

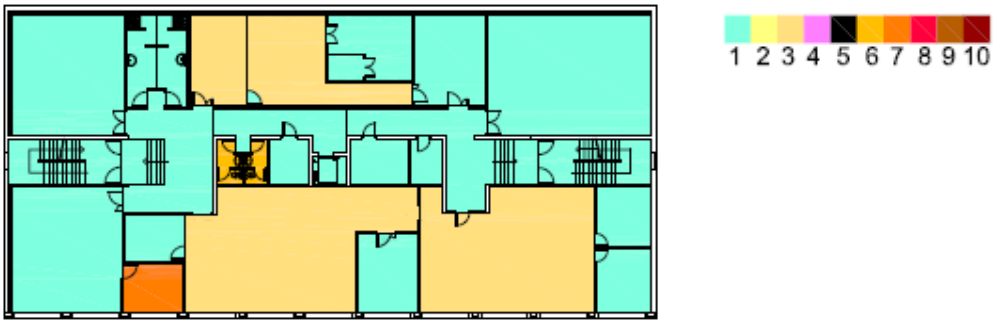


PC

Figura 2.48 Gráficos Ocupación (nº personas/superficie m2)

La ocupación más alta se da en el aula de PFC de la P1 y el aula de impresoras de la P2.

Relación Superficie (m2) / grado de ocupación (nº personas/m3)

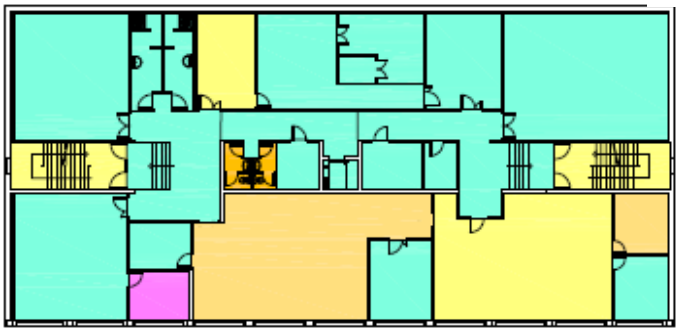


PS

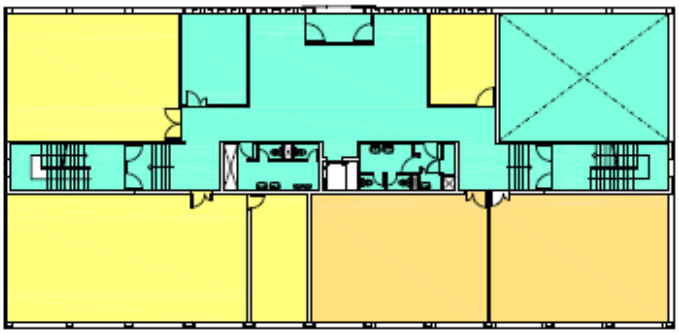
Figura 2.49 Gráficos Grado de ocupación (superficie m2/ocupación nº personas/m3)

El ***grado de ocupación mayor se encuentra en la P2 en el cuarto de impresoras*** donde trabajan de 3-4 personas y en algunos despachos donde temproalmente trabajan 2/3 personas/despacho. La siguiente planta con mayor grado de ocupación es la ***P1*** con la ***sala de PFC esquinera*** donde puede haber trabajando de 8/10 personas.

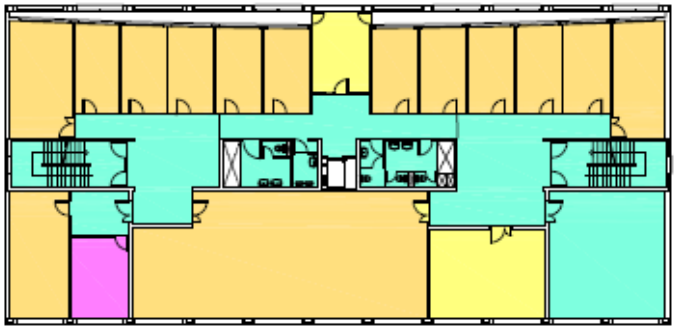
Superficie (m2) / usuario



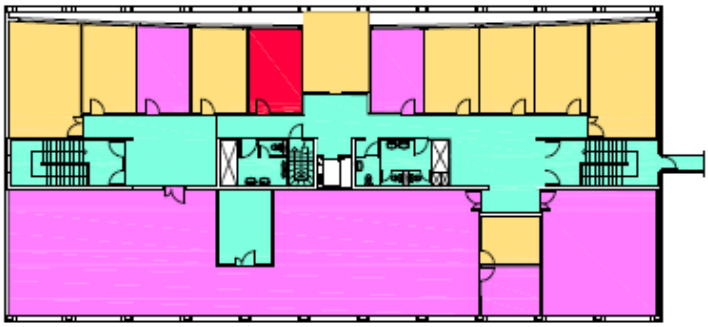
PS



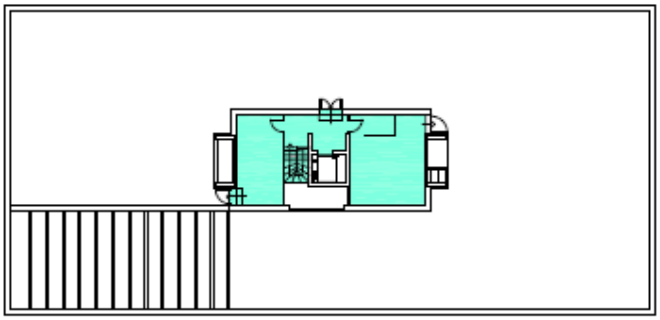
PB



P1



P2



PC

Figura 2.50 Gráficos Superficie (m2)/Persona

De acuerdo con este estudio de superficie/usuario se puede ver que el espacio con la peor relación superficie/usuario es un despacho en P2 seguido por el laboratorio de ensayo en la misma planta. Aun y así el laboratorio ofrece espacio suficiente a los usuarios.

Si se analiza la ocupación por tipo de espacio y se parte del valor medio se puede concluir que los ***espacios más frecuentados*** son los ***laboratorios (69), despachos (32) seguido por las aulas*** (24).

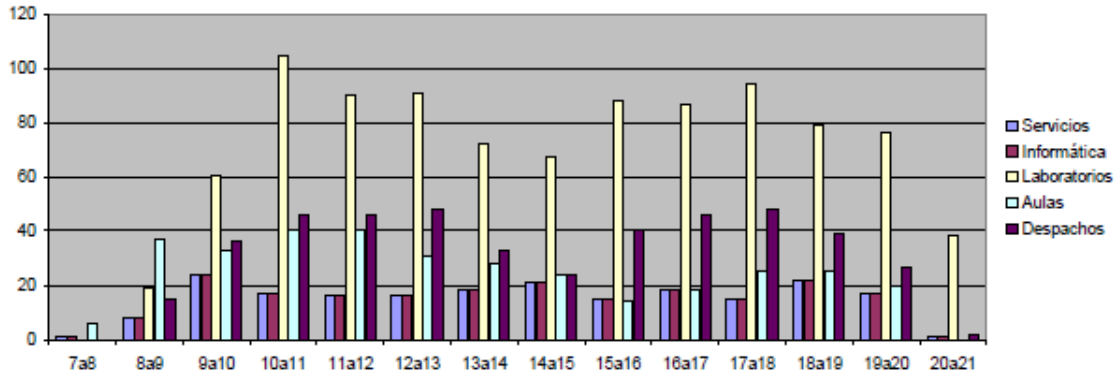


Figura 2.51 Gráfico Ocupación (personas/m2)por tipo de espacio

El aporte energético medio más alto se produce en los despachos con una media de ***0,241 KWh/día***, seguido por las ***aulas con 0,183 KWh/dia.***

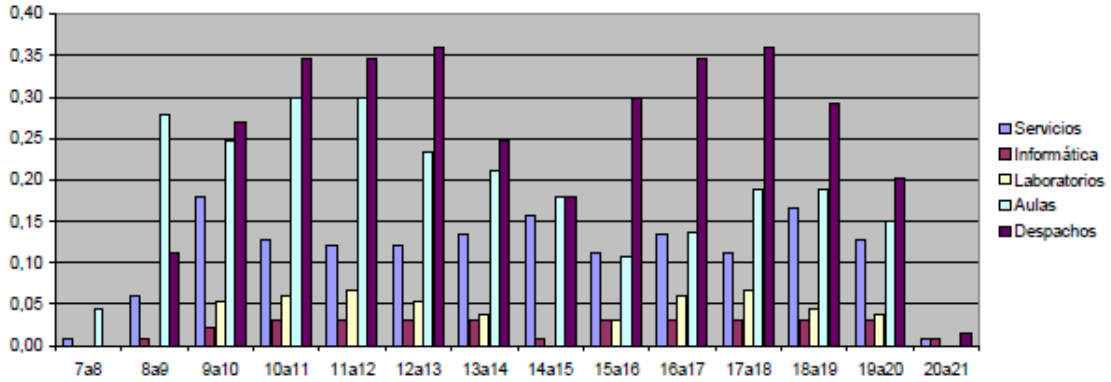


Figura 2.52 Aporte energético por tipo de espacio

2.7 Estudio acústico

El Documento Básico de protección frente al ruido ***DBHR se aprobó en Octubre 2008*** para sustituir la antigua normativa básica de la edificación para condiciones acústicas en los edificios ***NBE-CA-88.*** Ambas normativas coexistieron abril 2009.

La diferencia más importante entre la antigua y nueva normativa es que antes se justificaba el cumplimiento de aislamiento acústico de los elementos constructivos mediante ensayos de laboratorio, considerándolos como ***elementos independientes***, mientras que ahora se tiene en cuenta el elemento constructivo ***interactuando en su conjunto***.

El ***DBHR establece las reglas y procedimientos*** para ***cumplir con las exigencias básicas*** de protección frente al ruido. El objetivo último es limitar dentro de los edificios y en condiciones normales de uso el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para ello los edificios se mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas ***para reducir la transmisión del ruido aéreo, ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos.***

En el documento se establecen dos procedimientos para verificar el cumplimiento de los elementos constructivos, la opción simplificada y la opción/método general.

En la ***opción simplificada*** se determinan las características mínimas de los diferentes elementos constructivos del edificio sin disponer de conocimientos previos de acústica y sin realizar ningún tipo de cálculo, solo mediante la consulta de tablas de características.

Para traducir las características técnicas mínimas a descripciones de elementos constructivos concretos se utilizarán las referencias de ensayos de laboratorio o las estimaciones de cálculo basadas en la EN 12354 u otras bases de datos fiables de fabricantes. El catálogo ATEDY-AFELMA proporciona la información necesaria para cubrir la parte ciega del cerramiento.

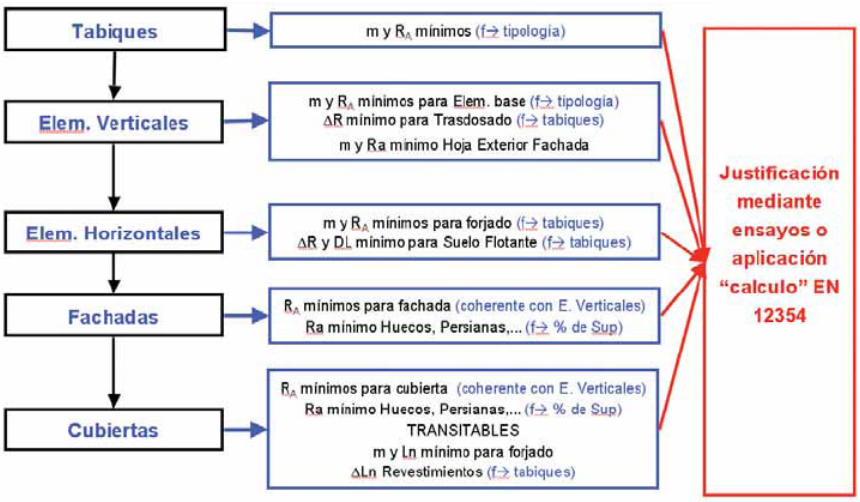


Figura 2.53 Esquema de aplicación del Método Simplificado DBHR (Presentación acústica de URSA)

En consecuencia en la opción simplificada se tiende a sobredimensionar las soluciones constructivas.

Para evitar el sobredimensionado y economizar las soluciones constructivas existe una segunda opción, el **método general** que consiste en la aplicación de los apartados 1, 2 y 3 de la UNE-EN-12354 fundamentados en el cálculo de cada una de las vías de transmisión directas o laterales por flancos, a las que se suma la energía acústica que llega al local receptor. Finalmente se estandariza el resultado en función del volumen y tiempo de reverberación estándar del local receptor.

Estos cálculos se tienen que repetir mútliples veces (hasta 13) para considerar todas las vías posibles y las diferentes situaciones de los locales (horizontal, vertical, diagonal).

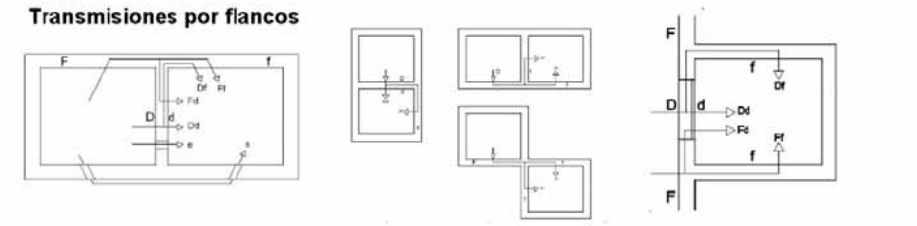


Figura 2.54 Método General: Tipos de transmisiones por flancos

Utilización de la Norma UNE EN 12354

1.-Caracterización elementos constructivos:

a) Elementos base R_A

$R_A = 16{,}6 \cdot Log(m)+5$ para $m<150 kg/m^2$

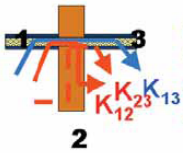
$R_A = 36{,}5 \cdot Log(m)-38{,}5$ para $m>150 kg/m^2$

b) Trasdosados, suelos flotantes, techos aislantes ΔR_A

$f_0 = 160\,[(0{,}11/d)(1/m1+1/m2)]^{0,5}$

f_0 (Hz)	ΔR
<80	35- R/2
100	32-R/2
125	30-R/2
160	28-R/2

c) Uniones K_{ij}



$M = Log\,(m_j/m_i)$

$K_{13} = 5{,}7+14{,}1M+5{,}7M^2$

$K_{12} = 5{,}7+5{,}7M^2 > 10$

$K_{23} = 5{,}7+5{,}7M^2 > 10$

$M = Log\,(m_j/m_i)$

$K_{13}=10+20M+3{,}3Log(f/500) > 10$

$K_{12} = 10+10[M]-3{,}3Log(f/500)$

$K_{23} = 10+10[M]-3{,}3Log(f/500)$

Figura 2.55 Resumen de aplicación de cálculo del Método General DBHR

Cuadro resumen de los valores límite DBHR

Aislamiento RUIDO AEREO				dBA
PROTEGIDO	misma unidad de uso			$R_A \geq 33$
	medianeras entre vecinos			$D_{nT,A} \geq 50$
	Zonas comunes	Ventanas Puertas	$R_A \geq 30$ dBA	$D_{nT,A} \geq 50$
		Muro	$R_A \geq 50$ dBA	
	Instalaciones y recintos de actividad			$D_{nT,A} \geq 55$
	fachada según Ld	Cultural, docente administrativo y religioso	$D_{2m,nT,ATr}$ dBA	$D_{2m,nT,ATr}$ dBA
			Estancias	Aulas
		Residencial y sanitario	Dormitorios	Estancias
		$L_d \leq 60$	≥30	≥30
		$60 \leq L_d \leq 65$	≥32	≥30
		$65 \leq L_d \leq 70$	≥37	≥32
		$70 \leq L_d \leq 75$	≥42	≥37
		$L_d > 75$	≥47	≥42
HABITABLE	misma unidad de uso			$R_A \geq 33$
	medianeras entre vecinos			$D_{nT,A} \geq 45$
	Zonas comunes	Ventanas Puertas	$R_A \geq 20$ dBA	$D_{nT,A} \geq 45$
		Muro	$R_A \geq 50$ dBA	
	Instalaciones y recintos de actividad en un mismo edificio			$D_{nT,A} \geq 45$
	Instalaciones y recintos de actividad entre dos edificios		1 cerramiento	$D_{2m,nT,ATr} \geq 40$
			2 cerramientos	$D_{2m,nT,ATr} \geq 50$

TIEMPO DE REVERBERACIÓN	
Aulas y Salas de Conferencia Vacía (sin ocupación sin mobiliario) V<350m3	Tr ≤ 0,7 s
Aulas y Salas de Conferencia Vacía (incluyendo butacas) V<350m3	Tr ≤ 0,5 s
Restaurantes y comedores vacíos	Tr ≤ 0,9 s

Aislamiento RUIDO DE IMPACTOS			dB
PROTEGIDO	Uso Diferente	$L'_{nT,W}$	≤ 65
	Zona Común		
	Instalaciones y recintos de actividad	$L'_{nT,W}$	≤ 60

Figura 2.56 Resumen de valores límite según DBHR

2.7.1 Aislamiento a ruido aéreo (método general)

Los cálculos de aislamiento a ruido aéreo se han realizado con la herramienta de cálculo libre que ofrece el CTE para aplicar el Método General. Entre los resultados cabe destacar que no cumplen acústicamente las separaciones entre aulas y que el muro de la fachada norte no cumple por su composición constructiva y por el porcentaje elevado de huecos.

Descripción	D2m,nT,Atr (dBA)	D2m,nT,Atr DBHR (dBA)	Cumple
Fachada norte muro galería			
LHD90+CA10+LHD90	23	30	NO
Fachada sur muro entre ventanas			
LP(140)+CA(10)+MW(30)+LHD(90)+EY(15)	32	30	SI
Muro separación aula-espacio común			
LP(115)+EY(15)	53	50	SI
Pared separación despachos-espacio común			
Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos	43	50	NO
Pared separación entre aulas			
Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)	43	50	NO
Pared separación instalaciones-espacio común			
Enl 15 + H 160 + Enl 15	65	55	SI

Tabla 2.28 Resum valores límite y calculados de aislamiento a ruido aéreo

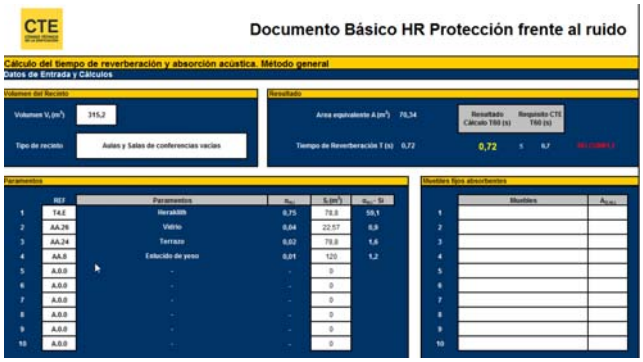
2.7.2 Aislamiento a ruido de impacto (método general)

Los cálculos se han realizado con el software de cálculo de libre distribución que ofrece el CTE (ver anexo 2.7.2). Los ***forjados no disponen de suficiente aislamiento a ruido de impacto*** por lo que se necesitaría instalar un suelo flotante en todas ellos.

Descripción	L`n,w (dB)	L`nt,w(dB)	Cumple
Forjado bidireccional hormigón armado	L'n,w (dB)		
R_BC 250 mm	70	60	NO

Tabla 2.29 Valores límite y calculados de aislamiento a ruido de impacto

2.7.3 Acondicionamiento acústico (método general)



Se ha calculado el tiempo de reverberación mediante la aplicación de libre distribución que ofrece el CTE-DBHR y se ha comprobado que las aulas, laboratorio y zonas de paso (hall) disponen de un ***tiempo de reverberación demasiado alto.***

Figura 2.57 Método general para el cálculo del tiempo de reverberación

Espacio	Tipo	Superficie m2	Absorción según DBHR	Absorción actual	Falso techo actual
A01, A4, A5	Aula	78,80	0,70	**1,02**	0,5 0 Heraklith C
A6	Aula	106,13	0,70	**1,00**	0,50 Heraklith C
008	Hall	119,80	0,80	**2,84**	0,05 PYL
116	Aula PFC	122,62	0,70	**2,51**	0,05 PYL
115	Despacho	35,70	0,70	**2,50**	0,05 PYL
213	Laboratorio	274,4	0,70	**2,59**	0,05 PYL
223	Pasillo	242,50	0,80 (A>0,2m2*m3 espacio común)	**0,74**	0,50 Heraklith C

Tabla 2.30 Resultados de cálculo del Tr en aulas, pasillos y despachos con valores límite DBHR

2.8 Estudio de accesibilidad y transporte

Transporte

Los usuarios del edificio acceden al edificio por su lado norte, bien por la entrada peatonal de la calle Sor Eulalia de Anzizu o bien por la escalera que comunica el edificio con la plaza principal del Campus Nord por su lado derecho.La entrada al edificio es única y se realiza por el lado norte (Las salidas de emergencia se encuentran en los laterales del edificio).

Los ***usuarios del edificio pueden acceder mediante transporte público*** (bus y metro a 10 minutos), ***bicicleta*** (aparcamientos situados detrás del edificio) o coche privado (zonas de parking para personal docente detrás en la zona norte del edificio).

En los siguientes links se puede calcular la reducción de emisiones de CO2 mediante el uso del transporte público y la bicicleta. Cabe destacar que un árbol europeo durante su vida útil puede llegar a compensar 200 kg CO2. Es decir que si vamos en metro a la universidad deberíamos plantar y mantener 2 árboles anuales.

http://www.footprint-wwf.be/footprintpage.aspx?projectId=100&languageId=2
http://www.terra.org/calc/

Figura 2.58 Parking de bicicletas en Fachada SE y motos en NO

Calcula tu huella de CO_2 al moverte

transporte	Km. por trayecto	nº veces	cada...	Kg. CO2 al año
bici	7	2	dia	0
metro, tren, tranvia	7	2	dia	127,8
autobus	7	2	dia	316,8
moto	7	2	dia	613,2
coche	7	2	dia	970,9

Figura 2.59 Aplicación online para calcular huella CO2 en el transporte diario. Comparativa trayecto Barcelona: Estación Francia-CampusNord

Accesibilidad

Todo el Campus Nord está equipado con rampas y ascensores para facilitar la accesibilidad a personas con disminuiciones físicas. El edificio D3 en particular tiene ascensor y todos las puertas de acceso a espacios y pasillos con medidas adaptadas.

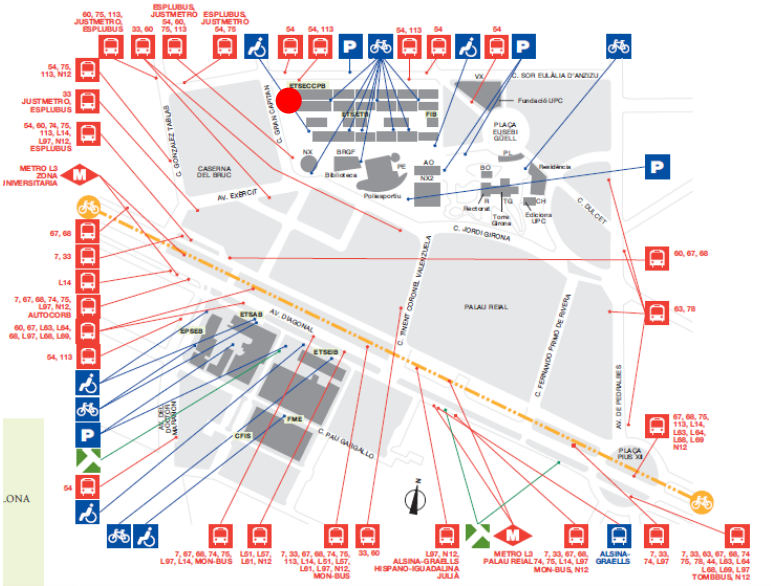


Figura 2.60 Plano de movilidad y accesibilidad al Campus Nord

2.9 Estudio de consumo de electricidad

El objetivo de este estudio es determinar correctamente los % de consumo para climatización, iluminación, ordenadores y demás equipos.

De acuerdo con la tabla 2.31 Se ha estimado un consumo anual de electricidad de ***119.654 kW*** dividido en un ***23% para iluminación, 68% para ordenadores y maquinaria y un 7% para climatización***. El consumo real del edificio es de ***93.528 KW***, por lo que el consumo ***estimado es un 28% mayor***.

Tipo consumo	Archisun 3.0.	%	Estimado (kWh/año)	%	Encuesta (kWh/año)		Real
Iluminación	116.576	42%	27.825	23%	37.667	24%	
Ordenadores	142.377	51%	81.495	68%	91.008	58%	
Climatización	19.233	7%	10.334	9%	29.214	19%	
Total:	278.186		**119.654**	128%	157.889		**93528**
Calefacción	31.665		**137.300**	88%	137.300		**156201**

Archisun 3.0.	Volumen (m3	11728
Climatización (kWh/m3)	1,64	19.234
Iluminación (kWh/m3)	9,94	116.576

Tabla 2.31 Estimación del consumo eléctrico 2010 a partir de encuestas

A partir del inventario de los equipos de consumo eléctrico se ha realizado una estimación del consumo eléctrico y se ha comparado con la realidad.

Se ha realizado el seguimiento mensual y diario del consumo de electricidad en el que se puede apreciar las subidas y bajadas de consumo durante los días lectivos, fines de semana y festivos. Sorprendentemente en el mes de agosto el consumo del edificio ha sido de ***6.520 KW***, siendo el ***consumo medio de un mes lectivo de 7.500 KW***. En el mes de agosto no hay actividad en el edificio D3, no obstante queda en activo el servidor, el equipo de aire acondicionado para mantener climatizada la sala que lo alberga y la iluminación de emergencia del edificio.

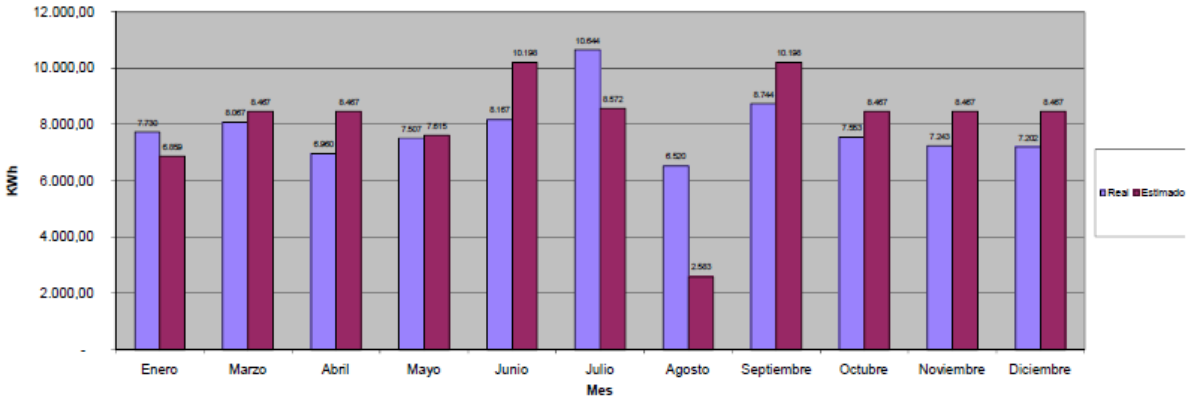


Figura 2.61 Comparativa consumo real y estimado eléctrico 2010

Para confirmar que el consumo del servidor es tan alto, se ha estudiado el consumo diurno y nocturno en días laborales y festivos del edificio.

En el gráfico siguiente se observa que el consumo nocturno en días laborables y festivos se mantiene regular todo el año, al igual que el consumo diurno en días festivos salvo en agosto en el que sufre una bajada global del 10%.

En cambio el consumo diurno sufre un aumento significativo durante el día de unos 60 KW durante los meses lectivos (enero a marzo y octubre a diciembre), mientras que en verano asciende debido a la climatización. Si sumo el consumo diurno medio y nocturno medio de un día festivo y multiplico por los días de un mes natural obtengo exactamente el consumo del mes de agosto sin contar la climatización necesaria.

Consumo mensual sumando consumo diurno y nocturno de un día festivo:
*(105 KW + 93,5 KW)*31=**6200 KW***

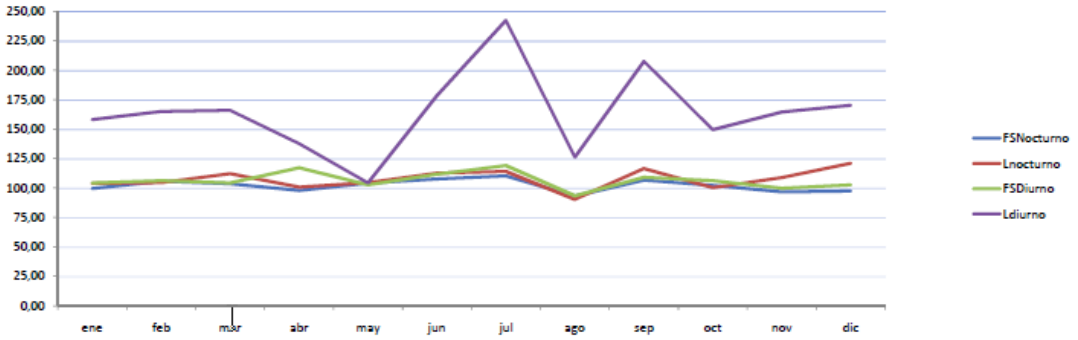


Figura 2.62 Consumo anual diurno y nocturno en días festivos y laborales

El consumo horario nocturno es mayor en verano debido a la climatización del servidor. La diferencia de consumo nocturno en el mes de agosto con la media de consumo nocturno de los demás meses es el ***potencial de ahorro real de electricidad***.

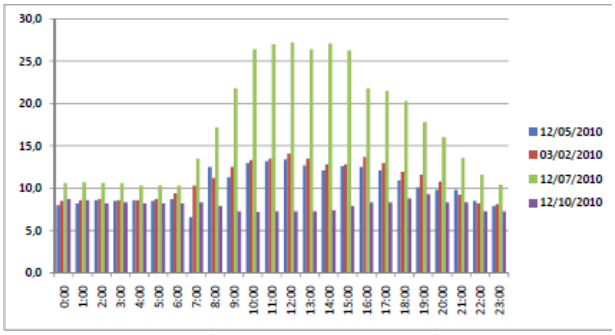


Figura 2.63 Consumo día tipo en diferentes períodos lectivos

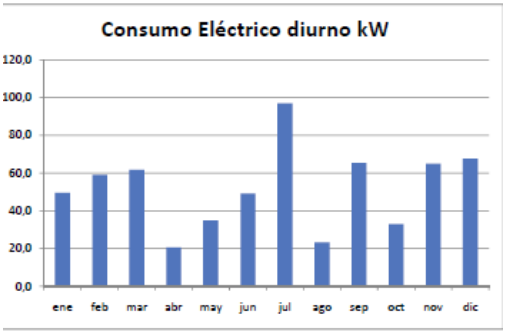


Figura 2.64 Consumo eléctrico diurno anual

Si comparamos los consumos reales de electricidad y calefacción con:

- Simulación Archisun 3.0
- Estimación propia
- Obtenida a través de encuestas a los usuarios

Deducimos que la que se acerca más es la propia con el siguiente reparto***: 23% iluminación, 68% ordenadores y 9% climatización***. Se ha sobreestimado el consumo de electricidad en un 28% respecto al real y estimado a la baja el consumo de gas para calefacción en un 12%.

Los ***usuarios han sobreestimado el consumo de electricidad en un 68%*** sobre todo en el consumo de climatización, mientras que han ***estimado a la baja el consumo de calefacción.***

El programa Archisun ha estimado bastante más consumo en iluminación que para ordenadores/consumibles y maquinaria. Esto se debe a que se ***considera el edificio como administrativo***, por lo que no se incluyen aparatos de medición, aparatos de

ensayo y servidor, y ***se atribuye más iluminación para la PS y PB***. En cambio el ***consumo para climatización se acerca a nuestra estimación***.

Se ha realizado un estudio del consumo diurno y nocturno durante todos los meses del año diferenciando entre días festivos y lectivos y períodos de vacaciones para determinar el potencial de ahorro de energía eléctrica. El consumo diario medio nocturno del mes de agosto es de ***90,28 KW***.

Consumo real 2010 a partir de estudio por franjas horarias

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
Total:	**7729,7**	**7203,6**	**8067,3**	**6960**	**7507,4**	**8166,5**	**10643,7**	**6519,7**	**8744,4**	**7552,9**	**7243,3**	**7202,3**	**93541**
Noche	103,87	104,69	112,24	100,72	104,74	112,64	114,07	**90,28**	116,45	100,26	108,97	120,98	
Dia	158,23	165,14	166,13	137,80	104,50	178,76	242,48	**126,20**	207,64	149,56	164,62	170,42	
Diferencia FN y LD	49,4	59,0	61,8	20,6	**34,9**	49,1	97,0	**23,3**	65,3	**33,0**	64,8	67,6	

Tabla 2.32 Media de consumo diario y nocturno en KW (FN=festivo diurno, LD=lectivo diurno)

Si se resta esta cifra al consumo diario medio nocturno de los demás meses, se obtiene el potencial de ahorro de electricidad que asciende a ***10.652 KW*** que representa un ***11%*** del consumo total de electricidad del edificio D3. Al mismo tiempo a partir del consumo nocturno del servidor se puede confirmar que el servidor consume el mayor porcentaje de electricidad del edificio (sumatorio consumo diurno y nocturno).

	FSNocturno	Lnocturno	FSDiurno	Ldiurno	Lnocturno-Agonocturno	Total ahorro (KW)	
ene	99,66	103,87	104,34	158,23	13,59	**421**	
feb	105,88	104,69	106,19	165,14	14,41	**404**	
mar	103,76	112,24	104,34	166,13	21,97	**5074**	
abr	97,88	100,72	117,25	137,80	10,44	**313**	
may	104,09	104,74	102,74	154,26	14,46	**448**	
jun	107,71	112,64	111,75	178,76	22,36	**671**	
jul	110,22	114,07	119,07	242,48	23,79	**714**	
ago	**93,08**	**90,28**	**93,38**	**126,20**	0,00	**0**	
sep	106,74	116,45	109,15	207,64	26,17	**785**	
oct	102,20	100,26	106,27	149,56	9,99	**310**	
nov	96,69	108,97	99,81	164,62	18,69	**561**	
dic	97,45	120,98	102,83	170,42	30,71	**952**	
Media	102,11	109,06	106,43	172,28	15,98	**10652,44**	**11%**

Consumo servidor noctur	**93,5 KW**
Consumo otros nocturno	**16,5 KW**
Consumo servidor diurno	**105 KW**
Consumo medio diurno:	**65,85 KW**
Consumo servidor solo:	**93 KW**
Climatización:	**126 KW**

Tabla 2.33 Cuadro resumen consumos diurnos, nocturnos y potencial de ahorro

2.10 Estudio del consumo de agua

Se ha realizado una aproximación teórica del consumo del agua dado que no existe una acometida propia del edificio, sino que hay 5 acometidas que alimentan todos los edificios del Campus Nord. Desde el Departament de Manteniment se estipula el consumo de agua del ***edificio D3*** en un 5% del total, es decir ***36.039 l/año***.

A partir de las visitas realizadas al centro y calculando que el ***70%*** de los usuarios ***utilizan*** los ***sistemas de ahorro de agua y la instalación de aireadores en los grifos de agua***, se podría reducir el consumo a ***27.481 l/anuales***, es decir a 330 m3, un 4% del consumo total del Campus Nord (sin contar consumo de agua del circuito de refrigeración abierto de lab. óptica). En total hablaríamos de un ***ahorro del 24% sobre el consumo del 2010 (36.039 l/año)*** (ver anexo 2.10).

2.11 Estudio de recogida selectiva de residuos

En el edificio D3 se han dispuesto contenedores para la recogida selectiva de papel, envases, tóner y pilas. Muy cerca del edificio, a 10 min caminando se encuentra un “Punt Verd” para poder dejar otros residuos como por ejemplo electrónicos.

Cuando se realizan obras de mejora un gestor de residuos se ocupa de separar y tratar adecuadamente los residuos.

Figura 2.65 Recogida papel y envases

Figura 2.66 Recogida tóner y pilas

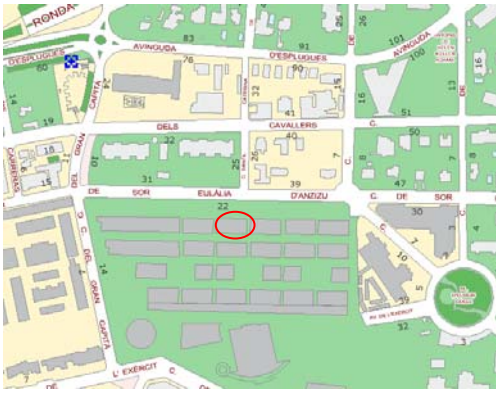


Figura 2.67 Punt Verd,Deixalleria Gran Capitá/Av. Esplugues

3 Diagnosis y líneas de actuación

En base a les estudios realizados en el apartado anterior, se concluye que el edificio D3 del Campus Nord no cumple con la normativa térmica actual CTE-DBHE1, por lo que habría que reducir la transmitancia de su envolvente aumentando el aislamiento térmico de fachadas y de la cubierta y sustituyendo las ventanas y marcos existentes.

Se ha verificado la existencia y estado de medidas solares pasivas, como elementos de regulación y control de la luz para poder valorar el potencial de ahorro en iluminación y climatización.

La encuesta realizada ha recogido la sensación térmica de los usuarios y confirma que se podría reducir la temperatura de consigna de calefacción en invierno y la necesidad de aislamiento de la cubierta o protección solar pasiva de la fachada SE.

Las visitas y encuestas realizadas confirman que por el escaso uso del edificio se podría instalar sensores de detección de personas y células fotoeléctricas para reducir el consumo de electricidad para iluminación en pasillos y baños.

El estudio del consumo de electricidad diurno y nocturno en días festivos y lectivos ha demostrado que hay un potencial de ahorro en el consumo de electricidad fantasma mediante la instalación de dispositivos de control de apagado y encendido y la sensibilización de los usuarios.

En base a una estimación del consumo de agua y la verificación de la existencia de mecanismos de ahorro de agua se confirma la posibilidad de ahorro de agua.

El plan de mantenimiento y prevención propuesto del Departament de Manteniment de la UPC se adecua al nuevo RITE, no obstante habría que reforzar el aislamiento de los conductos de agua caliente para calefacción en la cubierta y de acuerdo con el reglamento europeo Nº 842/2006 de obligado cumplimiento sustituir el gas fluorado R22 de las condesadoras por R242A.

En cuanto al cumplimiento de los requisitos acústicos de aislamiento a ruido aéreo e impacto y acondicionamiento acústico, se podría reforzar el aislamiento en los muros separativos de las aulas en PB y sustituir el techo acústico Heraklith por uno con mayor absorción con el objetivo de mejorar el confort acústico de los estudiantes y profesores.

La cuantificación económica del conocimiento de las posibles líneas y medidas de actuación y su facilidad de implantación, potencial de ahorro económico, energético y de emisiones de teqCO2 permitirá establecer un cuadro de acción por prioridades.

3.1 Reducción de la demanda térmica

3.1.1 Temperatura de consigna

Tras haber analizado los consumos de calefacción del edificio las estancias excesivamente calefactadas son las de P1 de la fachada SE. Posiblemente en su día no se tuvo en cuenta el calor latente de maquinaria, equipos y personas. Si se baja la temperatura de consigna en 1,5ºC en los meses de invierno, se podría conseguir un ***20%*** de ***ahorro*** en ***calefacción*** sin coste alguno, un ***ahorro*** económico de ***139*** € y una reducción en emisiones por combustión de gases de calefacción de ***0,75 teqCO2/año.***

Tconsigna=21,5ºC				Tconsigna=20ºC			
Enero		178,00	ºCh/día	Enero		156,00	ºCh/día
Febrero		139,00	ºCh/día	Febrero		119,00	ºCh/día
Junio		17,00	ºCh/día	Junio		17,00	ºCh/día
Julio	-	58,00	ºCh/día	Julio	-	58,00	ºCh/día
Agosto	-	27,00	ºCh/día	Agosto	-	27,00	ºCh/día
Septiembre		13,00	ºCh/día	Septiembre		13,00	ºCh/día
Diciembre		152,08	ºCh/día	Diciembre		131,00	ºCh/día
Consumo real calefacción (kWh/año)				Consumo potencial 10% ahorro			
156.201 kWh/año				**140.580 kWh/año**			

Tabla 3.1 Potencial de ahorro en calefacción mediante la reducción de la temperatura de consigna

3.1.2 Protección pasiva de ventanas

Se ha calculado la transmitancia térmica de los huecos (teniendo en cuenta la Uh,v = transmitancia del acristalamiento y Uh,m = transmitancia del marco) y el factor de sombra modificado de las ventanas correspondientes a las distintas fachadas, teniendo en cuenta sus voladizos y retranqueos, y se ha verificado el cumplimiento de los valores límite establecidos en el DBHE1.

Caso1: Fachada NO

En la **fachada NO** el Fh factor de sombra modificado no cumple con las exigencias del CTE-DBHE1, por lo que se ha propuesto la ***sustitución de las ventanas por acristalamiento 4+12+6 mm y marco con rotura de puente térmico de PVC***. Se consiguen las siguientes mejoras: Uh +3% y Fh+9%.

FACHADA 1												
Fachada 1 Ventanas P1 y P2			Sv (m2)	SM (m2)	UH,V	UH,M	FM		UH	Uhlim	Uh<Uhlim
ACTUAL		N42O (O)	200,00	59,41	5,8	5,7	0,3		5,77	2,7	NO
Fachada con voladizo											
Huecos	55%		Factor sombra	Fs-E11	FM	Gperp	Um	α	FH	Fhlim	Fh<Fhlim
Macizo	45%			0,86	0,3	0,83	5,7	0,3	0,52	0,5	-1%
Fachada 1 Ventanas PB, P1 y P2			Sv (m2)	SM (m2)	UH,V	UH,M	FM		UH	Uhlim	Uh<Uhlim
MEJORA VENTANAS Y MARCOS		N42O (O)	200,00	59,41	2,8	2,2	0,3		2,62	2,7	3%
Fachada con voladizo											
Huecos	55%		Factor sombra	Fs-E11	FM	Gperp	Um	α	FH	Fhlim	Fh<Fhlim
Macizo	45%			0.86	0.3	0.76	2.2	0.3	0.46	0.5	9%

Tabla 3.2 Cálculo de mejoras en Fm y Fh de la fachada 1 (NO)

Caso2: Fachada SE

En la **fachada NO** el Fh (factor de sombra modificado cumple) con las exigencias del CTE-DBHE1 estando un 18% por debajo del límite establecido. No obstante el Uh (transmitancia de huecos) no cumple, por lo que se ha propuesto la ***sustitución de las ventanas por acristalamiento 4+12+6 mm y marco con rotura de puente térmico de PVC*** consiguiendo la siguiente mejora: Uh +23% y Fh+12%

En paralelo se ha verificado cual sería la mejora si se instalasen persianas exteriores graduables para poder reducir el consumo eléctrico para iluminación y la climatización en los meses de verano. El resultado es una ***mejora del 36-69% del Fh*** en función de la inclinación de las lamas.

FACHADA 3												
Fachada 3 Ventanas P1 y P2			Sv (m2)	SM (m2)	UH,V	UH,M	FM		UH	Uhlim	Uh<Uhlim
ACTUAL		S42E	162,19	59,40	5,8	5,7	0,00		5,80	3,50	-66%
Huecos	51%										
Macizo	49%		Factor sombra	Fs-E12	FM	Gperp	Um	α	FH	Fhlim	Fh<Fhlim
				0,74	0,3	0,83	5,7	0,4	0,45	0,55	18%
Fachada 3 Ventanas PB, P1 y P2			Sv (m2)	SM (m2)	UH,V	UH,M	FM		UH	Uhlim	Uh<Uhlim
MEJORA VENTANAS Y MARCOS		S42E	162,19	59,4	2,8	2,2	0,15		2,71	3,50	23%
Huecos	51%	Retranqueo		Fs-E11	FM	Gperp	Um	α	FH	Fhlim	Fh<Fhlim
Macizo	49%			0,74	0,15	0,76	2,2	0,4	0,48	0,55	12%
Ventanas con persianas lamas horiz		β		Fs-E13	FM	Gperp	Um	α	FH	Fhlim	Fh<Fhlim
Orientación SE, inclinación desde 0-3		0º	SE	0,54	0,15	0,76	2,2	0,4	0,35	0,55	36%
sobre la horizontal		30º	SE	0,44	0,15	0,76	2,2	0,4	0,29	0,55	48%
		60º	SE	0,26	0,15	0,76	2,2	0,4	0,17	0,55	69%

Tabla 3.3. Cálculo de mejoras en Fm y Fh de la fachada 3 (SE)

Caso3: Fachada SO

En la **fachada SO** tanto el Fh factor de sombra modificado como el Uh no cumplen con las exigencias del CTE-DBHE1 estando un 8% por debajo del límite establecido. Se ha propuesto la instalación de lamas verticales para mejorar el Fh consiguiendo unas mejoras del 63-75%.

FACHADA 4											
	Fachada 4 PB, P1, P2		Sv (m2)	SM (m2)	UH,V	UH,M	FM		UH	DBHE1 tabla 2.2.	Uh<Uhlim
	ACTUAL	S47O	52,74	5,274	3,95	14	0,08		4,75	4,4	-8%
	Fachada con paves										
	Huecos	18%									
	Macizo	82%									
	Fachada 4 PB, P1, P2		Sv (m2)	SM (m2)	UH,V	UH,M	FM		UH	Uhlim	Uh<Uhlim
	ACTUAL	S47O	52,74	5,274	3,95	14	0,08		4,75	4,4	NO
	Ventanas con persianas lamas horiz	β		Fs-E13	FM	Gperp	Um	α	FH	Fhlim	Fh<Fhlim
	Orientación O, inclinación desde 0-30-45-60º		0º	0,56	0,13	0,76	2,8	0,4	0,37		63%
	sobre la vertical		30º	0,53	0,13	0,76	2,8	0,4	0,35	NO HAY	65%
			45º	0,48	0,13	0,76	2,8	0,4	0,32		68%
			60º	0,38	0,13	0,76	2,8	0,4	0,25		75%

Tabla 3.4 Cálculo de mejoras en Fm y Fh de la fachada 4 (SO)

El **coste económico** de la instalación de persianas graduables en la PB, P1 y P2 de la fachada SE sería de ***58.567 €*** **. Para calcular su amortización debería incluirse al coste de las ventanas.**

3.1.3 Mejora de ventanas

Para poder cuantificar la mejora real que supone la sustitución de las ventanas y marcos, así como la instalación de persianas graduables exteriores en la Fachada 3 (SE) y Fachada 4 (SO) se ha realizado un estudio para un día tipo en el mes de julio en el horario de máximo radiación solar 8-11 h (según el estudio de asoleo realizado en el apartado 2.2.3.) calculando la aportación de calor a través de las ventanas con y sin protecciones solares.
Introduciendo estos cambios en los tres meses de verano (junio, julio y septtiembre) se podrían ahorrar ***13,2 KW/anuales*** sin tener en cuenta la reducción de electricidad para la iluminación (0,339 KW/dia x 21 días x 3)

Cálculo ahorro KW en Julio con incorporación de persianas con lamas horizontales graduables 8-11

							Text-Tint				Flujo de calor q (W/m2)					Ahorro			
Notas	Fachada	Sup (m2)	Ventanas	UH,V	gp	Fs	8	9	10	11		8	9	10	Total (KW/m2)	Mejora 1	Mejora 2	Total KW	Ahorro KW
VIDRIOS 6 mm	3	162,19	6	5,8	0,83	**0,74**	2,62	4,35	5,44	6,20		15,20	3,61	14,25					climatiza
Retranqueo						Rad (W/m2):	644,00	1003,00	1276,00	1423,00		476,56	742,22	944,24					respecto
											Total:	**491,76**	**745,83**	**958,49**	3276,07			531,35	
MEJORA VIDRIO 4+6+12	3	162,19	4+12+6	2,8	0,76	**0,74**	2,62	4,35	5,44	6,20		7,34	3,31	14,25					
Retranqueo						Rad (W/m2):	644,00	1003,00	1276,00	1423,00		476,56	742,22	944,24					
											Total:	**483,90**	**745,53**	**958,49**	3267,90	-0,25%		530,02	1,32
Mejora vidrio	3	162,19	4+12+6	2,8	0,76	0,54	2,62	4,35	5,44	6,20		7,34	3,31	14,25					
Lamas horizontales 0º						Rad (W/m2):	644,00	1003,00	1276,00	1423,00		347,76	541,62	689,04					
											Total:	**355,10**	**544,93**	**703,29**	2398,70	-26,78%	**-26,60%**	389,05	**142,30**
Mejora vidrio	3	162,19	4+12+6	2,8	0,76	0,44	2,62	4,35	5,44	6,20		7,34	3,31	14,25					
Lamas horizontales 30º						Rad (W/m2):	644,00	1003,00	1276,00	1423,00		283,36	441,32	561,44					
											Total:	**290,70**	**444,63**	**575,69**	1964,10	-40,05%	**-39,90%**	318,56	**212,79**
Mejora vidrio	3	162,19	4+12+6	2,8	0,76	0,26	2,62	4,35	5,44	6,20		7,34	3,31	14,25					
Lamas horizontales 60º						Rad (W/m2):	644,00	1003,00	1276,00	1423,00		167,44	260,78	331,76					
											Total:	**174,78**	**264,09**	**346,01**	1181,82	-63,93%	**-63,84%**	191,68	**339,67**

Tabla 3.5. Reducción del flujo solar sustituyendo acristalamiento, marcos e incoporando protecciones solares horizontales graudables en la Fachada SE. El ahorro máximo está entre 0,14 y 0,34 KW/dia

Lo mismo se ha realizado para la fachada SO, donde el ahorro es menor con ***5,6 KW anuales.*** (0,089 KW/dia x 21 días x 3)

							Text-Tint				Flujo de calor q (W/m2)					
Notas	Fachada	Sup (m2)	Ventanas	UH,V	gp	Fs	13	14	15	16		13	14	15	Total (KW/m2)	Ahorro Caso: Total KW	Ahorro KW
PAVES	4	52,74	Pavés	3,95	1	1	6,34	6,19	5,85	4,97		25,04	6,19	37,09			climatización
						Rad (W/m2):	1276,00	1003,00	644,00	330,00		1276,00	1003,00	644,00			frente estado actual
											Total:	**1301,04**	**1009,19**	**681,09**	3352,09	176,79	
Mejora vidrio	4	52,74	Pavés	3,95	1	0,56	6,34	6,19	5,85	4,97		25,04	6,19	37,09			
Lamas verticales 0º						Rad (W/m2):	1276,00	1003,00	644,00	330,00		714,56	561,68	360,64			
											Total:	**739,60**	**567,87**	**397,73**	1920,77	-42,70%	101,30	**75,49**
Mejora vidrio	4	52,74	Pavés	3,95	1	0,53	6,34	6,19	5,85	4,97		25,04	6,19	37,09			
Lamas verticales 30º						Rad (W/m2):	1276,00	1003,00	644,00	330,00		676,28	531,59	341,32			
											Total:	**701,32**	**537,78**	**378,41**	1823,18	-45,61%	96,15	**80,63**
Mejora vidrio	4	52,74	Pavés	3,95	1	0,48	6,34	6,19	5,85	4,97		25,04	6,19	37,09			
Lamas verticales 45º						Rad (W/m2):	1276,00	1003,00	644,00	330,00		612,48	481,44	309,12			
											Total:	**637,52**	**487,63**	**346,21**	1660,53	-50,46%	87,58	**89,21**
Mejora vidrio	4	52,74	Pavés	3,95	1	0,38	6,34	6,19	5,85	4,97		25,04	6,19	37,09			
Lamas verticales 60º						Rad (W/m2):	1276,00	1003,00	644,00	330,00		484,88	381,14	244,72			
											Total:	**509,92**	**387,33**	**281,81**	1335,23	-30,48%	70,42	**30,88**

Tabla 3.6. Reducción del flujo solar sustituyendo acristalamiento, marcos e incoporando protecciones solares horizontales graudables en la Fachada SO. El ahorro máximo está entre 0,089 KW/dia

Comparativa entre el flujo de calor (W/m2) que atraviesa un superficie acristalada con distintos tipos de acristalamiento, marco y protección solar en un día tipo de julio.

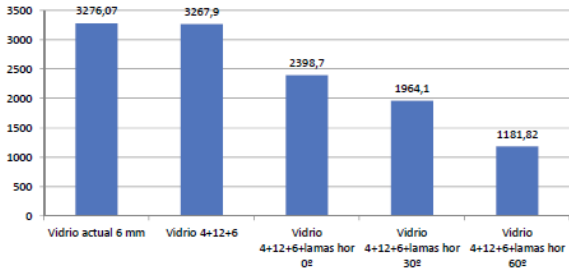


Figura 3.1 Fachada SE (flujo calor en W/m2)

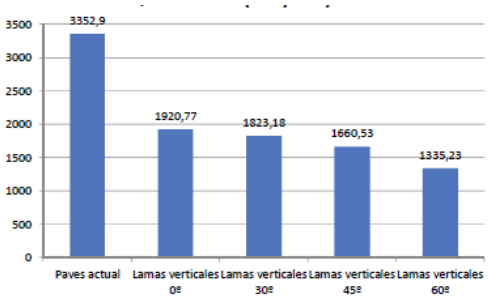


Figura 3.2 Fachada NO (flujo calor en W/m2)

Se ha verificado la reducción de la demanda de refrigeración y calefacción con **LIDER**, calculando el edificio con ventanas con acristalamiento 4+12+6 mm y marcos de PVC con rotura de puente térmico. ***La mejora en calefacción es del 20% con un ahorro de 23.430 KW/año y en refrigeración del 17% correspondientes a 516 KW/año.***

Descripción del edificio	Calefacción referencia	% edificio	Refrigeración referencia	% edificio
Acristalamiento 6 mm + marcos aluminio	162,1	70%	49	30%
Acristalamiento 4+12+6 mm + marcos rotura puente térmico	142,3	59,7%	66,2	40,3%
Reducción de la demanda	**20%**		17%	

Tabla 3.7 Comparativa de demanda energética entre resultados del método general LIDER

El **coste económico** de la sustitución de ventanas antiguas por ventanas oscilobatientes con acristalamiento ***4+12+6 mm y marcos de PVC con rotura de puente térmico en las fachadas NO y SE*** sería de ***93.685 €*** **amortizable en 437 años** tomando como referencia el precio de la energía para gas y electricidad en 9/2011.

INSTALACION

Descripción	Precio (€)
Ventanas oscilobatientes de 4+12+6 mm con marco de PVC, montaje, desmontaje incluidos (fachdas NO y SE)	93.685
Total (IVA no incluido)	93.685

AMORTIZACION INVERSION

Período de recuperación inversión	Años
93.685 / 214 €/año	437

Tabla 3.8 Presupuesto de instalación de ventanas y período de amortización

3.1.4 Incremento del aislamiento

En base a los resultados de la table resumen de las transmitancias de LIDER y de la ficha de cumplimiento del DBHE, se proponen dos actuaciones para mejorar el aislamiento del edificio:

Elemento constructivo	Uc / Um (W/m2K)	Ulim (W/m2K)	Cumple
Aislamiento de la cubierta	0,32	0,41	SI
Aislamiento del muro galería NO	0,41	0,73	SI

Tabla 3.9 Presupuesto de instalación de ventanas y período de amortización

1. Aislamiento de la cubierta por el exterior con lana de roca de doble densidad

En el caso del edificio D3, aislar por el interior mediante la instalación de un falso techo solo es factible en las zonas de pasillo. En las demás estancias habría que introducir modificaciones como quitar las bandejas de cables que incrementarían mucho el precio de instalación del falso techo Rockfon (aislante térmico y acústico y protección contra el fuego). En consecuencia se ha optado por aislar por fuera, retirando la grava, suprimiendo el XPS existente por 10 cms de lana de roca y una lámina impermeabilizante autoprotegida. Se crearán pasillos de servicio mediante instalación de losetas. Otra opción es retirar la grava e instalar una losa filtrón sobre el xps existente, conserando la cubierta invertida. (ver documentación en el anexo 3.1.4.).

2. Trasdosado del muro galería de la fachada NO

El trasdosado del muro de galería en la fachada norte se realizaría con un panel de lana de roca con una lambda 0,034 adherido a una placa de yeso laminado 10+40 “Labelrock”. La resistencia térmica total es de 1,4 m2k/W. Esta placa se atornilla sobre rastreles de madera a la pared. (Mayor información sobre su instalación en el “Avis technique” en el Anexo 3.1.4. junto con certificados de calidad).

3. Aislamiento de las cajas de persiana mediante instalación de EPS (10-20 mm).

Para estas dos actuaciones se ha aplicado el método general realizando simulaciones con LIDER para ver la mejora que se obtiene en cuanto a calefacción y refrigeración (ver Anexo 3.1.4), se ha aplicado el método simplificado, la puntuación en el Decret d’Ecoeficiència y se ha comprobado la formación de condensaciones intersticiales y superficiales con el programa BuildDesk U 3.4.

PROPUESTA 1: Aislamiento exterior de la cubierta

Propuesta 1	Método general LIDER antes	LIDER ahora	Ahorro KWh	Ahorro teqCO2
Calefacción	156.201 KW	134.339 KW	- 21.862	- 5,05
Refrigeración	10.333 KW	14.492 KW	+ 4.108	+2,54
	Método simplificado	Decret Ecoeficiència	BuildDesk U 3.4.	
			Intersticiales	Superficiales
Uc antes (W/m2K)	0,52	NO 0,41	SI	NO
Uc ahora (W/m2K)	0,36	4 puntos voluntarios	SI	NO

Tabla 3.10 Demanda de la propuesta 1 según método general LIDER y ahorro en KW y emisiones

PROPUESTA 2: Aislamiento exterior de la cubierta y cambio ventanas 4+12+6

Propuesta 2	Método general LIDER antes	LIDER ahora	Ahorro KWh	Ahorro teqCO2
Calefacción	156.201 KW	139.121	- 17.080	- 3.94
Refrigeración	10.333 KW	14.698	+ 4365	+2,7
	Método simplificado	Decret Ecoeficiència	BuildDesk U 3.4.	
			Intersticiales	Superficiales
Uc antes	0,52	NO 0,41	SI	NO
Uc ahora	0,36	4 puntos voluntarios	SI	NO

Tabla 3.11 Demanda de la propuesta 2 según método general LIDER y ahorro en KW y emisiones

PROPUESTA3: Aislamiento bajo cubierta, trasdosado fachada NO y cambio ventanas 4+12+6

Propuesta 1	Método general LIDER antes	LIDER ahora	Ahorro KWh	Ahorro teqCO2
Calefacción	156.201 KW	114.576	- 41.625	-9,61
Refrigeración	10.333 KW	11.619	+1.286	+0,79
	Método simplificado	Decret Ecoeficiència	BuildDesk U 3.4.	
Um antes=	1,31	NO 0,7	SI	NO
Um ahora=	0,47	4 puntos voluntarios	SI	NO

Tabla 3.12 Demanda de la propuesta 3 según método general LIDER y ahorro en KW y emisiones

El Decret d'Ecoeficiència obliga a la incorporación de cómo mínimo una familia de productos con ecoetiqueta tipo 1 o 3. En este caso la instalación de lana de roca que dispone de una ecoetiqueta tipo 3 cumpliría con esta apartado de la normativa.

El precio de la retirada de grava, XPS, impermeabilización y sustitución por lana de roca Hardrock 393 en e=100 mm en la cubierta invertida existente es de ***42.500 €,*** IVA no incluido.

El precio de instalación del trasdosado en PB,P1 y P2 es de ***5.600 €,*** IVA no incluido.

3.2 Medidas de ahorro en iluminación

3.2.1 Sensores de luz en baños y pasillos

El propósito de la siguiente actuación es la ***reducción del consumo eléctrico instalando detectores de presencia en espacios comunitarios*** consiguiendo una reducción ***del 40% del consumo actual***, un ahorro de aproximadamente unos ***437 €/año***, un ***ahorro*** energético de unos ***3.093 kW*** y en consecuencia una reducción de ***2,92 tCO2eq*** a la atmósfera.

Las células fotoeléctricas combinadas con detectores de presencia están compuestas de los siguientes componentes:

Un detector de presencia a base de infrarrojos que detecta el movimiento de las personas en una estancia, accionando automáticamente el encendido de las luminarias. Su radio de acción es de d=10 m y 360º.

Una célula fotoeléctrica que detecta si hay suficiente luz natural y por lo tanto no permitirá el encendido de las luminarias y que tiene prioridad sobre el detector de presencia. Su radio de acción es de d=10 m y 360º. Programable a partir de 500 lux,

La instalación de estos automatismos es relativamente fácil, la fiabilidad y durabilidad alta y el precio asequible.

El **coste económico** de la instalación de detectores sería de **2.715 € amortizable en 6 años** tomando como referencia el precio de la energía de **09/2011.**

INVERSION INSTALACION

Descripción	Precio (€)
33 Detectores de presencia con temporizador, 17 de ellos con célula fotoeléctrica	1815
Instalación y montaje	900
TOTAL (IVA no incluido)	2.715 €

AMORTIZACION INVERSION

Período de recupercación inversión:	
2715 € / 437 €/año	6 años

Tabla 3.13 Presupuesto de instalación de detectores de presencia y período de amortización

3.2.2 Sustitución de bombillas incandescentes por bajo consumo

La siguiente medida es la sustitución ***de las bombillas incandescentes por bombillas de bajo consumo energético*** que aportarían un ahorro en energía de un ***55%. Económicamente supondría ahorro de 110 € anuales y energéticamente*** un ***ahorro*** de unos ***785 kW*** anuales equivalentes a ***0,4 tCO2eq***

CONSUMO TEORICO ANUAL BOMBILLAS INCANDESCENTES VERSUS BAJO CONSUMO

180 dias	INCAND	BC	Ahorro (kW)	Ahorro Euros (*)	Ahorro (%)
Enero	127,29	57,63	69,65	7,10	55
Febrero	178,20	80,69	97,52	9,94	55
Marzo	178,20	80,69	97,52	9,94	55
Abril	127,29	57,63	69,65	7,10	55
Mayo	71,28	32,27	39,01	3,98	55
Junio	71,28	32,27	39,01	3,98	55
Julio	50,91	23,05	27,86	2,84	55
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Septiembre	50,91	23,05	27,86	2,84	55
Octubre	178,20	80,69	97,52	9,94	55
Noviembre	178,20	80,69	97,52	9,94	55
Diciembre	178,20	57,63	120,57	12,29	68
TOTAL	1.389,96	606,29	783,67	79,89	51

Tabla 3.14 Cuadro comparativa del potencial de ahorro de KW mediante la instalación de bombillas de bajo consumo

El **coste económico** de estas bombillas de bajo consumo asciende a **225 € amortizable en 2 años** tomando como referencia el **precio de la energía 9/2011.**

INVERSION

Descripción	Uds	Precio/ud	Precio total (Euros)
Philips, Ecotone 60 W (11 W)	39	5,77	225,03

AMORTIZACION

Período de recupercación inversión:	
225 € / 110,74 €/año	2 años

Tabla 3.15 Presupuesto de instalación de las bombillas de bajo consumo y período de amortización

BOMBILLAS DE BAJO CONSUMO

MARCA / MODELO	CEGASA	PHILIPS ECOTONE	OSRAM DULUX LONGLIFE	GENERAL ELECTRIC BIAX ELECTRONIC	SYLVANIA MINI-LYNX ECONOMY	ELECTRO DH ECONOMY
Precio (euros/unidad)	3,25	5,77	16,50	8,25	5,80	4,00
Información indicada en el etiquetado						
Tipo de casquillo	E27	E27	E27	E27	E27	E27
Clase energética[1]	A	A	A	A	A	A
Potencia consumida indicada (W)	11	11	11	11	11	11
Equivalencia de potencia indicada (W)	55	60	60	60	60	60
Flujo luminoso indicado (lúmenes)	550	600	600	600	600	**No**
Ciclo de vida medio nominal (h)[2]	3.000	6.000	15.000	8.000	6.000	**No**
Marcado CE	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Inform. protección Medio Ambiente	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Valoración global de la informac.	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto	**Incorrecto**	**Incorrecto**
Resultados analíticos						
Potencia consumida medida (W)	9,4	10,9	11	11	11	10,2
Flujo luminoso medido (lúmenes)	585	665	599	577	609	618
Rendimiento[3]	62,2	61	54,5	52,5	55,4	60,6
Potencia consumida a15.000 h (KW)[4]	141	164	165	165	165	153
Clase energética[1]	A	A	A	A	A	A
Coste electricidad para15.000h (euros)	11,34	13,15	13,27	13,27	13,27	12,30
Coste total para 15.000h (euros)[6]	27,59	30,46	29,77	29,77	30,67	-
Envejecimiento[7]						
Decremento de flujo luminoso (%)	5,4	1,7	4,3	3,6	5,5	3,1
Seguridad	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto
Calidad global	**Muy bien**	**Muy bien**	**Bien**	**Bien**	**Bien**	**Bien**

(1) Clase energética: nivel de eficiencia energética de lámpara. Abarca desde la A (maxima eficiencia) hasta la G (mínima eficiencia). **(2)** Ciclo de vida medio: horas de funcionamiento de las lámparas, según el fabricante. **(3)** Rendimiento: flujo luminosos medido/potencia consumida. A mayor rendimiento, más luz emitirá con menos potencia. **(4)** Potencia consumida a las 15.000 horas: kW x 15.000 horas. **(5)** Coste de electricidad para 15.000 horas: potencia de 15.000 horas x 0,080401 euros. **(6)** Coste total para 15.000 horas: coste de electricidad más el precio de la(s) lámpara(s). **(7)** Envejecimiento forzado: variación de flujo luminoso antes y después del envejecimiento.

Figura 3.3 Comparativa eficiencia y precio de bombillas de bajo consumo (CONSUMER)

3.2.3 Redistribución de mobiliario y sustitución de persianas graduables

Después de haber accionado cada una de las persianas y cortinas de los distintos espacios se ha comprobado que ***sería necesario cambiar o restaurar en un 40% las cortinas de lamas graduables existentes en las plantas P0, P1 y P2*** dado su pésimo estado, así como ***cambiar la distribución y ubicación de mesas*** que obstruyen el acceso al accionamiento elevador de las cortinas, ***provocando la rotura de lamas y cordeles***.

El hecho que las ***mesas*** estén ubicadas directamente delante de las ventanas, **impide** por una parte en invierno el ***efecto convector de los radiadores*** y en ***verano*** provoca que los estudiantes ***cierren totalmente las persianas para usar luz artificial***.

Figura 3.4 y 3.5 Acceso difícil a gradación cortinas y persianas

Figura 3.6 y 3.7 Acceso libre a cortinas y persianas

3.2.4 Sensibilización de los usuarios

La ***sensibilización del usuario*** podría contribuir a una reducción del consumo total en iluminación en aulas y despachos del **30%**, teniendo en cuenta que se puede ahorrar energía regulando el flujo de luz mediante:

- el encendido y apagado de los interruptores
- regulación de las protecciones pasivas
- retirando elementos/mobiliario que bloqueen el paso de la luz
- redistribuyendo el espacio

Energéticamente se trataría de un ahorro de **7.740,6 kW** anuales equivalentes a **11,21 tCO2eq**, **económicamente** supondría un ahorro de **1.094 €/año.**

Figura 3.8 Simuladores de consumo doméstico (TERRA)

Figura 3.9 Exposición itinerante Expo kW (ECOSERVEIS)

Figuras 3.10,3.11, 3.12 y 3.13 Guías técnicas sobre ahorro y eficiencia energética (IDAE y eco-union)

Cuadro resumen de medidas de ahorro energético en iluminación

Descripción	Consumo (KW)	Consumo previsto (KW)	Ahorro (KW)	Ahorro (%)	Ahorro/año €	Ahorro teqC02	Coste €	Amortización
Sensores movimiento pasillos bai	7800,69	4708,04	3092,65	34%	437	2,92	2715	6
Bombillas bajo consumo	1389,96	606,29	783,67	56%	111	0,38	225	2
Sensibilización	25802,77	18061,94	7740,83	30%	1094	11,21	1500	1
Total:	34.993	23.376	**11.617**		**1.642**	14,50	4.440	

Tabla 3.16 Cuadro resumen de medidas de ahorro energético en iluminación

3.3 Mejoras en la gestión y ocupación

3.3.1 Medidas de eficiencia energética según nuevo RITE

Sustitución de HCFCs por HFCs en condensadores

Los CFCs han sido compuestos útiles para diversas aplicaciones, ya que son gases inertes y no son tóxicos. Para la atmósfera tienen una doble importancia. Son gases invernadero con un potencial de calentamiento muy alto (GPW) y tienen una larga vida. Ésto último les permite permanecer en la atmósfera y ser transportados lentamente a la estratosfera. Aunque los CFCs se prohibieron después del Protocolo de Montreal firmado en 1987, sus niveles tardarán algún tiempo en nivelarse.

Los CFCs tienen un impacto doblemente negativo, como destructores de ozono en la estratosfera y como gases invernadero en la troposfera. La siguiente tabla aporta una visión global de algunos CFCs y HCFCs comparada con los hidrofluorocarbonos HFCs que pueden reemplazarlos.

Gas		Vida del gas	PDO (potencial de destrucción del ozono)	Potencial de calentamiento global	
				20 años	100 años
Dióxido de carbono	CO_2			1	1
Metano	CH_4	12.0*		62	23
Óxido nitroso	N_2O	114*		275	296
Clorofluorocarbonos					
CFC-11	CCl_3F	45	1.0	6300	4600
CFC-12	CCl_2F_2	100	0.82	10200	10600
CFC-13	$CClF_3$	640		10000	14000
Hidroclorofluorocarbonos					
HCFC-21	$CHCl_2F$	2.0		700	210
HCFC-22	$CHClF_2$	11.9	0.04	4800	1700
HCFC-123	CF_3CHCl_2	1.4	0.014	390	120
Hidrofluorocarbonos					
HFC-23	CHF_3	260	<0.0004	9400	12000
HFC-32	CH_2F_2	5.0		1800	550
HFC-41	CH_3F	2.6		330	97

Tabla 3.17 Cuadro comparativo de gases flurados de acuerdo según el Reglamento Europeo 842/2006 sobre la reducción de gases fluorados de efecto invernadero.

De esta tabla se puede deducir que la vida de los HFCs es mucho más corta que la de los HCFC y CFCs. Se descomponen fundamentalmente en la troposfera y la probabilidad de que alcancen la estratosfera y activen la destrucción de la capa de ozono es con diferencia menor.

El Departament de Manteniment de la UPC debería invertir en la sustitución del gas HCFC R22 por el HFC R424A para poder cumplir con el reglamento 2037/2000 del parlamento europeo. El coste de ***la sustitución y tratamiento de residuos (destrucción) del gas R22 por R242A en 23 máquinas*** condensadoras es de aproximadamente 7500 € (tratamiento R22 15 €/kg; coste R242A 16,20 €/kg, oficial frigorista 42 €/h y ayudante 30 €/h).

Mejoras o modificaciones en la instalación térmica

El aislamiento colocado alrededor de los tubos de calefacción que pasan por el exterior de la cubierta tiene aproximadamente unos 20 años de antigüedad, por lo que se tendría que verificar su estado y capacidad de aislamiento. En caso necesario se debería sustituir.

Conductos paso por el exterior	Diámetro	T fluido	λ=0,04 W/mK	Aislamiento (λ=0,036 W/mK)
Calefacción	60<D<90 mm	>60…100 °C	40 mm	Armaflex 36 mm
Frío	D≤35 mm	T>0…10	40 mm	
Conductos paso por el interior no calefactado	**Diámetro**	**T fluido**	**λ=0,04 W/mK**	**Aislamiento (λ=0,036 W/mK)**
Calefacción	35<D<60 mm	>60…100°C	30 mm	Armaflex 27 mm
	< 35 mm		25 mm	Armaflex 25 mm
Frío	D<35 mm	T>0…10	20 mm	Armaflex 19 mm

El aislamiento de tuberías que pasan por locales no calefactados es obligatorio si el líquido está a más de 40°C que es el caso de este edificio.

Tabla 3.18 Espesores de aislamiento de tuberías de acuerdo con el nuevo RITE

Figura 3.14 Conducto de entrada de gas

Figura 3.15 Aislamiento de la tubería con agua calefactada para calefacción

Después de haber visitado el edificio durante varios inviernos y haber verificado que la mayoría de estancias están excesivamente calefactadas, se recomienda reducir la temperatura de consigna de 21,5 ºC a 20ºC consiguiendo un ***ahorro*** de ***15.620 KW/año.***

Sería interesante integrar el consumo de los equipos de aire acondicionado en el ***Building Manager Service*** "BMS" para poder monitorizar el consumo y determinar el potencial de ahorro existente en refrigeración. De esta manera las campañas de sensibilización pueden ser más efectivas.

3.4 Mejoras acústicas

3.4.1 Aislamiento a ruido aéreo

Para poder cumplir con los requisitos del CTE-DBHE1 en ***fachada*** para el ***aislamiento a ruido aéreo***, se debería trasdosar la fachada NE con un montante de 48 mm+LR40 tipo Alpharock E 225 en 40 mm y una placa de yeso laminado de 10 mm. Con esta intervención, se conseguiría una mejora de 3 dBA, sin llegar a cumplir con la normativa D2m,nT,Atr = 26 dBA. No obstante para cumplir se debería colocar doble placa, una de 10 y otra de 15 mm. La pérdida de espacio es demasiado importante, por lo que es recomendable sustituir las ventanas que tienen una superficie muy grande en comparación con la superficie de muro y contrarresta la mejora que el trasdosado pueda aportar.

Sería recomendable trasdosar la pared de separación entre aulas en PB con placa de yeso laminado de10 mm y 30-40 mm de lana de roca. De esta manera se conseguiría 9 dBA de mejora y se podría cumplir con los 50 dBA exigidos por el DBHR.

Lo mismo ocurre en las paredes de separación entre despachos, no obstante en los despachos no es tan importante dado que el nivel de ruido que pueda haber en ellos es inferior al de las aulas.

Descripción	D2m,nT,Atr (dBA)	D2m,nT,Atr DBHR (dBA)	Cumple
Fachada norte muro galería			
LHD90+CA10+LHD90	23	30	NO
Mejora: TRLR40+PYL10	26	30	NO
Fachada sur muro entre ventanas			
LP(140)+CA(10)+MW(30)+LHD(90)+EY(15)	32	30	SI
Muro separación aula-espacio común			
LP(115)+EY(15)	53	50	SI
Pared separación despachos-espacio común			
Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos	43	50	NO
Mejora: YL 10 + MW 30	52	50	SI
Pared separación entre aulas			
Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)	33	50	NO
Mejora: YL 15 + MW 48 + SP	55	50	SI
Pared separación instalaciones-espacio común			
Enl 15 + H 160 + Enl 15	65	55	SI

Tabla 3.19 Cuadro comparativo de mejoras de aislamiento a rudio aéreo con valores límite DBHR

3.4.2 Aislamiento a ruido de impacto

La resolución del aislamiento a ruido de impacto pasa por la colocación de un suelo flotante en todos los forjados. Para poder ahorrar espacio sería conveniente la instalación de una lámina acústica en lugar de lana de roca.

En este caso en particular el ruido de impacto es perfectamente soportable, por lo que no es imprescindible intervenir.

Descripción	D2m,nT,Atr (dBA)	D2m,nT,Atr DBHR (dBA)	Cumple
Forjado bidireccional hormigón armado	L'n,w (dB)		
R_BC 250 mm	70	60	NO
Mejora: YL 15 + AT MW 50 + C (100-300)	47	60	SI

Tabla 3.20 Cuadro comparativo de las mejoras a ruido de impacto con los valores límite del DBHR

3.4.3 Acondicionamiento acústico

Se ha calculado el tiempo de reverberación en los pasillos, aulas, laboratorios y despachos para comprobar cual es el espacio con mayor necesidad de intervención.
Los espacios que precisan tanto por normativa como por nivel de ruido reducir el nivel de ruido y el tiempo de reverberación son:

Pasillos (P1 y P2), hall, laboratorio de comunicación (P2) y las aulas (PB).

En el laboratorio de comunicación y pasillos habría que retirar las bandejas de cables para instalar el falso techo, por lo que económicamente no sería recomendable.

En cambio en las Aulas de la PB se podría sustituir los paneles Heraklith por paneles Rockfon, aprovechando la estructura auxiliar existente. Con la instalación de un modelo tipo Artic en 1200x600x15 mm o Ekla en 1200x600x20 se podría reducir el tiempo de reverberación de ***Tr=0,99*** s a ***Tr=0,62*** s, siendo el requisito del ***DBHR Tr<0,7s***. (ver en anexo ficha técnica de ambos fabricantes, marcado CE y cálculos).

El precio de instalación en un aula de 90 m2 es de aprox. ***3.000 €,*** considerando el precio del techo Rockfon Artic o Ekla de 20 mm, el desmontaje y la instalación de los nuevos paneles acústicos.

Espacio	Vol (m3)	Sup (m2)	Relación Sup/Vol	Tr espacio (s)	Tr actual (s)	Tr mejora (s)	Requisito DBHR	Cumple	Techo	Perfiles
Aula004	307,13	78,86	0,25	4,88	0,99	0,62	Tr<0,7 s	Si	Erasmus 20 mm	Aprovechables
Laboratorio Comunicación	413,13	106,13	0,25	6,83	6,83	0,65	Tr<0,7 s	Si	Erasmus 20 mm	Aprovechables
Hall	314,11	119,8	0,38139505	min 100 m2	8,3	0,89-0,66	A≥0,2m2* m3 espacio común	Si	Artic 20 mm	
Pasillo 1	638,35	105,39	0,16509752	min 125 m2	18,9	1,43-1,03		Si	Artic 20 mm	
Pasillo 2	555,1	86,66	0,15611602	min 115 m2	15,06	1,48-1,09		Si	Artic 20 mm	
Zonas circulación	1693,33	415,05	0,24510875	min 350 m2				Si	Artic 20 mm	

Tabla 3.21 Comparativa entre los tiempos de reverberación con los techos acústicos propuestos y los límites del DBHR

Espacio	Tipo	Superficie m2	Absorción s/DBHR	Absorción actual	Falso techo actual	Absorción mejorada	Absorción producto	Lambda (W/mK)
A01, A4, A5	Aula	78,80	0,70	**1,02**	0,5 0 Heraklith C	0,58	0,95	0,037
A6	Aula	106,13	0,70	**1,00**	0,50 Heraklith C	0,59	0,95	0,037
008	Hall	119,80	0,80	**2,84**	0,05 PYL	0,43	0,95	0,037
116	Aula PFC	122,62	0,70	**2,51**	0,05 PYL	0,42	0,95	0,037
115	Despacho	35,70	0,70	**2,50**	0,05 PYL	0,42	0,95	0,037
213	Laboratorio	274,4	0,70	**2,59**	0,05 PYL	0,42	0,95	0,037
223	Pasillo	242,50	0,80	0,74	0,50 Heraklith C	**0,48**	**0,95**	**0,037**

Tabla 3.22 Comparativa de valores de absorción acústica de los techos acústicos propuestos (absorción mejorada)y los actuales

3.5 Medidas de ahorro de agua

El agua es un bien escaso que se debe preservar, sobretodo considerando que Barcelona se encuentra en el mediterráneo con una pluviometría relativamente baja y con una distribución muy irregular, por lo que el abastecimiento de agua de esta gran ciudad pasa por el almacenamiento en grandes presas y por lo tanta la modificación de los valles, la construcción de grandes conductos que traen el agua a muchos km de distancia y la construcción de desaladoras (por ejemplo la Desaladora del Prat inaugurada en agosto 2009 ha costado 230 Millones de Euros).

En el edificio D3 se han instalado reductores de caudal en los grifos e inodoros de doble descarga. Si se instalasen adicionalmente aireadores en los 19 grifos de lavabo y se hiciese un buen uso de la doble descarga, se podría llegar a ahorrar de un 30-50% de agua. Con un **30% de ahorro** el consumo sería de **27.37 m3** de agua con un **ahorro** de unos **10,3 m3.** El **coste** de los aireadores es de unos 2,50 €/ud, en total para **19 uds** serían **47,50 €.**

ESPACIO		Demanda agua							AF	ACS
CODIGO	TIPO	Elemento	Nº	Vol/u	uso/l	Vol/hora	Vol/dia	Uso/mes	Total	Total
		Lavabo Roca Victoria	1	8	0,01	3,00	24,00	504,00	504,00	
		Lavabo Roca Victoria	1	8	0,01	0,08	0,64	13,44	13,44	
S102	Lab. Termocompresion	Grifo laboratorio	1	6	0,01	4,00	32,00	672,00	672,00	
106A	Laboratorio química	Grifo laboratorio	1	6	0,01	4,00	32,00	672,00	672,00	
S111A	Baños	Lavabo Roca (Victoria)	1	8	0,30	2,40	19,20	403,20	403,20	
S111B	Baño	Lavabo Roca (Victoria)	1	8	0,30	2,40	19,20	403,20	403,20	
008	Hall	Grifo laboratorio	1	0	2,00	0,05	0,40	8,40	8,40	
A05	Laboratorio	Grifo laboratorio	1	6	0,01	4,00	32,00	672,00	672,00	
011	Baños	Lavabo Roca Victoria	3	8	0,10	2,40	19,20	403,20	403,20	
012	Baños	Lavabo Roca Victoria	2	8	0,08	1,20	9,60	201,60	201,60	
123	Baño	Lavabo Roca Victoria	2	8	1,00	16,00	128,00	2688,00	2688,00	
124	Baño	Lavabo Roca Victoria	2	8	1,00	16,00	128,00	2688,00	2688,00	
125	Cuarto limpieza	Grifo	1	6	0,01	4,00	32,00	672,00	672,00	
127	Baño	Lavabo Roca Victoria	1	8	0,50	4,00	32,00	672,00	672,00	
213	Laboratorio	Grifo	2	6	0,01	4,00	32,00	672,00	672,00	
216	Laboratorio química	Grifo	1	6	0,01	4,00	32,00	672,00	672,00	
219	Baño	Lavabo Roca Victoria	2	8	1,00	16,00	128,00	2688,00	2688,00	
		Lavabo Roca Victoria	2	8	1,00	16,00	128,00	2688,00	2688,00	
221	Baño	Lavabo Roca Victoria	1	8	0,50	4,00	32,00	672,00	672,00	
		Total				**107,53**	**860,24**	**18065,00**	**18065,00**	

Tabla 3.23 Inventario de grifos y cálculo del consumo de agua en lavabos para todo el edificio

ESPACIO		Demanda agua							AF	ACS
CODIGO	TIPO	Elemento	Nº	Vol/usc	uso/h	Vol/hora	Vol/día	Uso/mes	Total	Total
S101A	Vestidor Mujeres	Plato ducha Roca Victoria	1	75	0,01	0,75	6,00	126,00	63,00	63,0
		Lavabo Roca Victoria	1	8	0,01	3,00	24,00	504,00	504,00	
S101B	Vestidor hombres	Plato ducha Roca Victoria	1	75	0,01	0,75	6,00	126,00	63,00	63,0
		Lavabo Roca Victoria	1	8	0,01	0,08	0,64	13,44	13,44	
S102	Lab. Termocompresion	Grifo laboratorio	1	6	0,01	4,00	32,00	672,00	672,00	
106A	Laboratorio química	Grifo laboratorio	1	6	0,01	4,00	32,00	672,00	672,00	
S111A	Baños	Lavabo Roca (Victoria)	1	8	0,30	2,40	19,20	403,20	403,20	
		WC Roca (Victoria)	1	5	0,30	4,00	32,00	672,00	672,00	
S111B	Baño	Lavabo Roca (Victoria)	1	8	0,30	2,40	19,20	403,20	403,20	
		WC Roca (Victoria)	1	5	0,30	4,00	32,00	672,00	672,00	
008	Hall	Grifo laboratorio	1	0	2,00	0,05	0,40	8,40	8,40	
A05	Laboratorio	Grifo laboratorio	1	6	0,01	4,00	32,00	672,00	672,00	
011	Baños	Lavabo Roca Victoria	3	8	0,10	2,40	19,20	403,20	403,20	
		WC Roca (Victoria)	2	5	0,10	1,00	8,00	168,00	168,00	
012	Baños	Lavabo Roca Victoria	2	8	0,08	1,20	9,60	201,60	201,60	
		WC Roca (Victoria)	2	5	0,08	0,75	6,00	126,00	126,00	
		Urinario Roca (Victoria)	2	3	0,30	1,80	14,40	302,40	302,40	
123	Baño	Lavabo Roca Victoria	2	8	1,00	16,00	128,00	2688,00	2688,00	
		WC Roca (Victoria)	1	5	1,00	5,00	40,00	840,00	840,00	
		Urinario Roca (Victoria)	2	3	1,00	6,00	48,00	1008,00	1008,00	
124	Baño	Lavabo Roca Victoria	2	8	1,00	16,00	128,00	2688,00	2688,00	
		WC Roca (Victoria)	2	5	1,00	10,00	80,00	1680,00	1680,00	
125	Cuarto limpieza	Grifo	1	6	0,01	4,00	32,00	672,00	672,00	
127	Baño	Lavabo Roca Victoria	1	8	0,50	4,00	32,00	672,00	672,00	
		WC Roca (Victoria)	1	5	0,50	2,50	20,00	420,00	420,00	
213	Laboratorio	Grifo	2	6	0,01	4,00	32,00	672,00	672,00	
216	Laboratorio química	Grifo	1	6	0,01	4,00	32,00	672,00	672,00	
219	Baño	Lavabo Roca Victoria	2	8	1,00	16,00	128,00	2688,00	2688,00	
		WC Roca (Victoria)	1	5	1,00	5,00	40,00	840,00	840,00	
		Urinario Roca (Victoria)	2	3	1,00	6,00	48,00	1008,00	1008,00	
220	Baño	Urinario Roca (Victoria)	2	3	1,00	6,00	48,00	1008,00	1008,00	
		Lavabo Roca Victoria	2	8	1,00	16,00	128,00	2688,00	2688,00	
221	Baño	Lavabo Roca Victoria	1	8	0,50	4,00	32,00	672,00	672,00	
		WC Roca (Victoria)	1	5	0,50	2,50	20,00	420,00	420,00	
		Total				**163,58**	**1.308,64**	**27.481,44**	**27.355,44**	**126,00**

Tabla 3.24 Cálculo del potencial de ahorra de agua

3.6 Medidas de ahorro de electricidad

El consumo de energía "oculta" o "fantasma" es aquel que pertenece a los equipos eléctricos como por ejemplo ordenadores, monitores, impresoras, equipos de medición, etc. que siguen consumiendo energía aunque nadie los use al permanecer en stand-bye (piloto luminoso encendido) y al seguir alimentando el transformador. Algunos dispositivos ópticos como teclados o ratones siguen también encendidos aunque se haya apagado el ordenador, por lo que es importante desconectar todos los equipos por completo de la red.

Ejemplos de consumos de equipos de oficina en stand-by:

Impresora: 100 W
Monitor TFT: 1,8 W
Monitor antiguo: 10 W
Altavoces: 3W
Modem: 7,92 W
CPU: 4,8 W
Ordenadores portátiles: 25 W

En este edificio hay aprox. 140 ordenadores, sin contar los portátiles, 64 equipos de medición, 15 impresoras, 4 fuentes y maquinaria por lo que si se considera que un 50% de los equipos se queda en stand-by se dispara el consumo fantasma.

En el apartado 2.9. se ha calculado el potencial de ahorro de consumo fantasma, partiendo del análisis del consumo nocturno en el mes de agosto y determinando la diferencia con el consumo medio nocturno de los restantes meses del año (93 KW frente a 104 KW). El potencial de ahorro que asciende a ***10.652 KW*** que representa un ***11%*** del consumo total de electricidad del edificio D3.

	FSNocturno	Lnocturno	FSDiurno	Ldiurno	Lnocturno-Agonocturno	Total ahorro (KW)	
ene	99,66	103,87	104,34	158,23	13,59	**421**	
feb	105,88	104,69	106,19	165,14	14,41	**404**	
mar	103,76	112,24	104,34	166,13	21,97	**5074**	
abr	97,88	100,72	117,25	137,80	10,44	**313**	
may	104,09	104,74	102,74	154,26	14,46	**448**	
jun	107,71	112,64	111,75	178,76	22,36	**671**	
jul	110,22	114,07	119,07	242,48	23,79	**714**	
ago	**93,08**	**90,28**	**93,38**	**126,20**	0,00	**0**	
sep	106,74	116,45	109,15	207,64	26,17	**785**	
oct	102,20	100,26	106,27	149,56	9,99	**310**	
nov	96,69	108,97	99,81	164,62	18,69	**561**	
dic	97,45	120,98	102,83	170,42	30,71	**952**	
Media	102,11	109,06	106,43	172,28	15,98	**10652,44**	**11%**

Consumo servidor noctur	**93,5**	**KW**
Consumo otros nocturno	**16,5**	**KW**
Consumo servidor diurno	**105**	**KW**
Consumo medio diurno:	**65,85**	**KW**
Consumo servidor solo:	**93**	**KW**
Climatización:	**126**	**KW**

Tabla 3.25 Cuadro resumen consumos diurnos, nocturnos y potencial ahorro

A través de la sensibilización de los usuarios y de la incorporación de regletas de múltiples conexiones con interruptor incorporado y/o enchufes programables se podría llegar al ahorro del 10-15% del gasto de energía en condiciones normales de funcionamiento.

El coste de una regleta es de unos 5 € y de un temporizador está en torno de los 10-15 €, por lo que el coste sería aproximadamente de unos ***2000 €,*** el potencial de ahorro de unos ***10.652 kWh*** y la reducción de emisiones de unas ***6,64 teqCO2.***

Para más información consultar al Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Oficinas de WWF en el Anexo.

4 Propuestas de intervención

De acuerdo con el informe anual OSE "Sostenibilidad en España 2010", España roza el cumplimiento del Protocolo de Kioto para la reducción de gases artificiales de efecto invernadero con un 120%, siendo el objetivo establecido un 115%. Este evaluación "positiva" no quita que sigamos incumpliendo los límites establecidos por el protocolo de Kioto, que la demografía mundial y la demanda energética crezca exponencialmente aumentando así las emisiones de CO2.

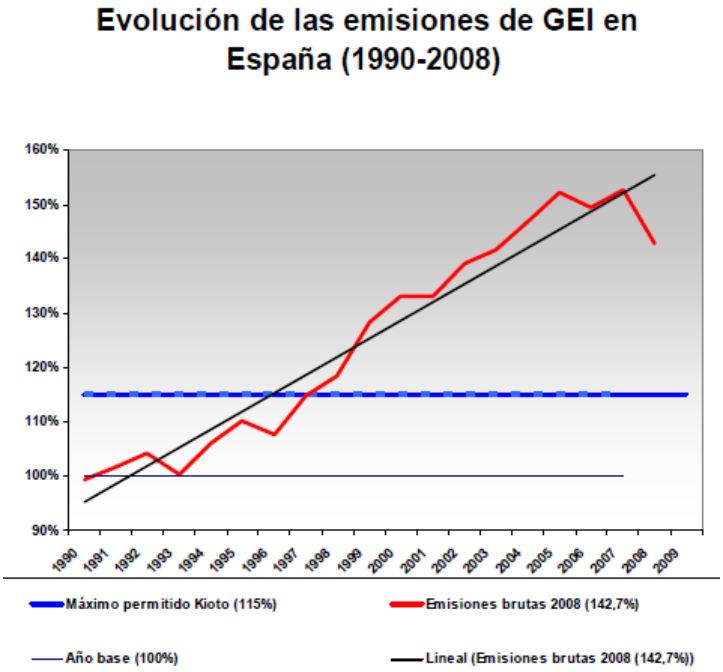


Figura 4.1Gráfico extraído de "Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en España (1990-2008)" de CCOO

El objetivo de estas propuestas de intervención para la mejora de la eficiencia energética del edificio es la reducción de emisiones de CO2 mediante el ahorro energético en gas para calefacción y electricidad para illuminación y equipos electrónicos así como otras medidas que afectan recursos naturales como el agua.

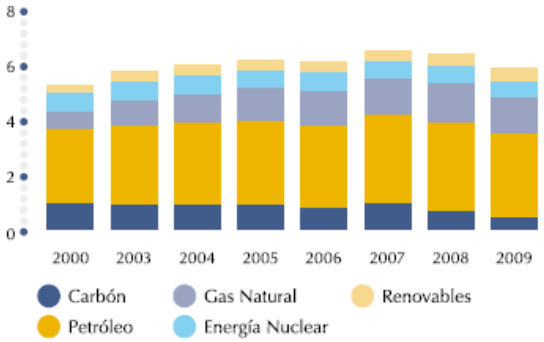


Figura 4.2 Consumo total de energía primaria en España, según el Informe de Sostenibilidad en España 2010

En las propuestas de actuación anteriormente descritas se ha considerado el cumplimiento de los requisitos del CTE-DBHE, DBHR, nuevo RITE y Decret d'Ecoeficiència sin perder de vista la sostenibilidad económica de las mismas.

Existiendo una limitación económica, se han priorizado actuaciones de bajo coste y mayor ahorro energético y se ha excluido la introducción de energías renovables como por ejemplo una pérgola fotovoltaica en la cubierta, dado que actualmente no existen subvenciones y la amortización de la instalación sería a muy largo plazo.

A continuación se muestra un cuadro resumen de las distintas actuaciones con su respectivo coste económico (€), ahorro económico (€), amortización (años), demanda energética de acuerdo con simulaciones en LIDER (kWh) y correspondientes emisiones en teqCO2.

Actuación	Concepto	Consumo (KW)	Consumo previsto (KW)	Ahorro (KW)	Ahorro (%)	Ahorro/año	Ahorro teqC02	Coste	Amortización
Sustitución ventanas	**Calefacción**	144473	115578,4	3092,65		139	0,71	93685	437
	Refrigeración	9201	8670	531		75	0,33		0
	Total:	153.674	124.248	**3.624**		**214**	**1,04**	**93.685**	437
Calefacción	Tconsigna 20ºC	144473	130025,7	14447,3		650	3,34	0	0
Aislamiento cubierta	**Calefacción**	144.473	128.676	**15.797**	88%	**711**	3,65	42.500	263
	Refrigeración	9.201	13.087	**-3.886**	-42%	**-549**	-2,41		
	TOTAL	153.674	141.763	**11.911**	8%	**161**	4,58	**42.500**	263
Iluminación	Sensores movimient	7801	4708	3093	34%	437	2,92	2715	6
	Bombillas bajo cons	1390	606	784	56%	111	0,38	225	2
	Sensibilización	25803	18062	7741	30%	1094	11,21	1500	1
	Total:	**34.993**	**23.376**	**11.617**		**1.642**	**14,50**	**4.440**	**10**
Ventanas y aislamiento cubierta	**Calefacción**	**144.473**	**112.800**	**31.673**	22%	1425	7,32	98685	87
	Refrigeración	**9.201**	**11.210**	**-2.009**	-22%	-284	-1,25		
	Total:	**153.674**	**124.010**	**29.664**		**1.141**	**6,07**	**136.185**	**87**
Ventanas, AT cubierta, AT galeria	**Calefacción**	**144.473**	**105.973**	**38.500**	27%	1732	8,89	140247	91
	Refrigeración	**9.201**	**10.346**	**-1.145**	-12%	-162	-0,71		
	Total:	**153.674**	**116.319**	**37.355**		**1.570**	**8,18**	**142.785**	**91**
Ahorro consumo fantasma de electridad	**Ordenadores**	**58.374**	**53.120**	**5.254**	9%	742	3,26	**1500**	

Tabla 4.1 Cuadro resumen de las propuestas de mejora con su coste y ahorro económico y energético

La siguiente tabla resume los consumos del edificio real, para poder contrastarlo con el los valores de referencia para calefacción y refrigeración que Calener GT propone para un edificio docente. Los valores para iluminación y ordenadores y máquinas son los equivalentes al consumo real.

REAL	Sistemas activos	Energía	kWh	tCO2eq
CONSUMO EDIFICIO REAL	Calefacción	Gas	156.201,00	36,08
	Refrigeración	Electricidad	10.334,00	6,41
	Iluminación	Electricidad	27.825,00	17,26
	Ordenadores y máquinas	Electricidad	58.374,00	36,22
		Total:	**252.734,00**	**95,97**

CALENER GT	Sistemas activos	Energía	kWh	tCO2eq
	Calefacción	Gas	144.473,35	33,37
	Refrigeración	Electricidad	9.200,92	5,71
	Iluminación	Electricidad	26.455,59	16,41
	Ordenadores y máquinas	Electricidad	56.546,91	35,09
		Total:	**236.676,77**	**90,58**

Nota: Según tablas del Calener GT un edificio nuevo docente tiene un consumo de energía primaria entorno a 286,7 MWh/año.

Tabla 4.2 y 4.3 Cuadro resumen del consumo real y estimado con CALENER GT en kWh y emisiones en teqCO2

Se han realizado 4 propuestas de intervención, en las que se han sumado las medidas más económicas que van ligadas al interior del edificio y sensibilización del usuario junto con otra/s de mayor coste económico que modifica la envolvente del edifcio (aislamiento de cubierta, sustitución de ventanas, trasdosado de muro fachada NO).

MEJORA 1:

- se reduce la temperatura de consigna para calefacción de 21,5ºC a 20ºC
- se incorporan sensores de presencia en espacios comunes y sustituyen bombillas incandescentes por bajo consumo
- se reduce el consumo fantasma de electricidad mediante la incorporación de regletas eléctricas con interruptores y temporizadores
- se rehabilita energéticamente la cubierta, sustituyendo la cubierta invertida retirando la grava y el XPS y colocando 10 cms de lana de roca de doble densidad acabado con una làmina impermeabilizante de EPDM.

MEJORA 1	Sistemas activos	Energía	kWh	tCO2eq
T consigna 20ºC, aislamiento cubierta, iluminación cambio bombillas por bajo consumo, sensores y sensibl., reducción consumo nocturno	Calefacción	Gas	114228,70	26,39
	Climatización	Electricidad	13.086,92	8,12
	Iluminación	Electricidad	23.376,27	14,50
	Ordenadores y máqu	Electricidad	53.120,34	32,96
		Total:	**203.812,23**	**81,97**

Tabla 4.4 Cuadro resumen de la Mejora 1 en kWh y emisiones en teqCO2

En las siguientes propuestas de mejora se repiten las primeras 3 acciones dado que tienen un coste reducido y se propone:

MEJORA 2: Rehabilitación energética de la cubierta y sustitución de las ventanas actuales correderas con lunas de 6 mm y marco de aluminio por ventanas oscilobatientes de 4+12+6 mm y marco de PVC.

MEJORA 2	Sistemas activos	Energía	kWh	tCO2eq
T consigna 20ºC, ventanas 4+12+6 mm, iluminación cambio bombillas por bajo consumo, sensores y sensibl y reducción consumo nocturno ordenadores.	Calefacción	Gas	126.933,05	29,32
	Climatización	Electricidad	8.669,92	5,38
	Iluminación	Electricidad	23.376,27	14,50
	rdenadores y máquin:	Electricidad	53.120,34	32,96
		Total:	**212.099,58**	**82,16**

Tabla 4.4 Cuadro resumen de la Mejora 2 en kWh y emisiones en teqCO2

MEJORA 3: Rehabilitación energética de la cubierta y sustitución de las ventanas actuales correderas con lunas de 6 mm y marco de aluminio por ventanas oscilobatientes de 4+12+6 mm y marco de PVC.

MEJORA 3	Sistemas activos	Energía	kWh	tCO2eq
T consigna 20ºC, sustitución ventanas 4+12+6mm, AT cubierta y muro galería, iluminación cambio bombillas por bajo consumo, sensores y sensib. y reducción	Calefacción	Gas	98.353,05	22,72
	Climatización	Electricidad	10.345,92	6,42
	Iluminación	Electricidad	23.376,27	14,50
	rdenadores y máquin:	Electricidad	53.120,34	32,96
		Total:	**185.195,58**	**76,60**

Tabla 4.5 Cuadro resumen de la Mejora 3 en kWh y emisiones en teqCO2

MEJORA 4: Rehabilitación energética de la cubierta y sustitución de las ventanas actuales correderas con lunas de 6 mm y marco de aluminio por ventanas oscilobatientes de 4+12+6 mm y marco de PVC y trasdosado de la fachada noroeste.

MEJORA 4	Sistemas activos	Energía	kWh	tCO2eq
T consigna 20ºC, sustitución ventanas 4+12+6mm y persianas graduables F"E, A.T cubierta y muro galería, iluminación cambio bombillas por bajo consumo,	Calefacción	Gas	91.526,05	26,11
	Climatización	Electricidad	10.345,92	8,75
	Iluminación	Electricidad	23.376,27	10,06
	rdenadores y máquina	Electricidad	53.120,34	32,96
		Total:	**178.368,58**	**77,88**

Tabla 4.6 Cuadro resumen de la Mejora 4 en kWh y emisiones en teqCO2

4.1 Comparativa demanda energética y emisiones teqCO2

Balance energético

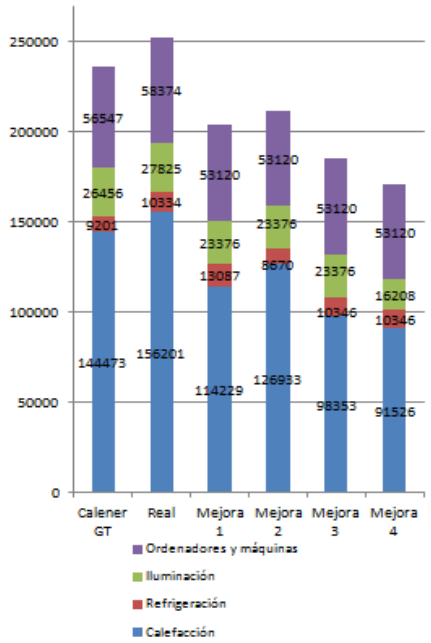


Figura 4.3 Demanda energética del edificio en función de las mejoras introducidas

Balance emisiones teqCO2

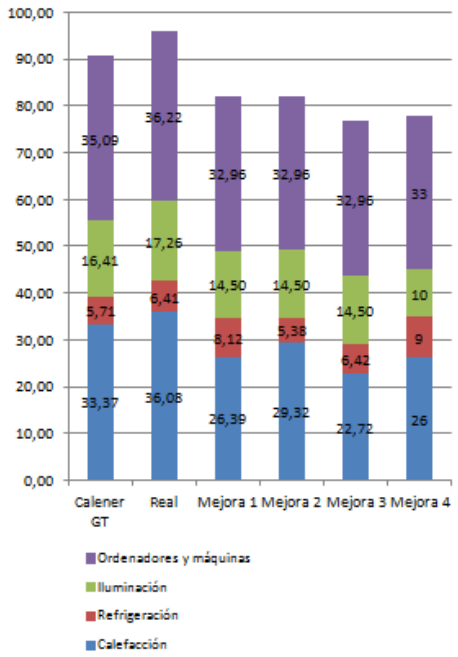


Figura 4.4 Emisiones teqCO2 por propuestas actuación

Propuesta de mejora	1	2	3	4
Ahorro demanda	7%	16%	10%	19%
Ahorro calefacción	21%	19%	14%	28%
Reducción emisiones teqCO2	10%	9%	15%	14%

Tabla 4.7 Comparativa entre ahorro en calefacción y reducción de emisiones entre las propuestas de mejora

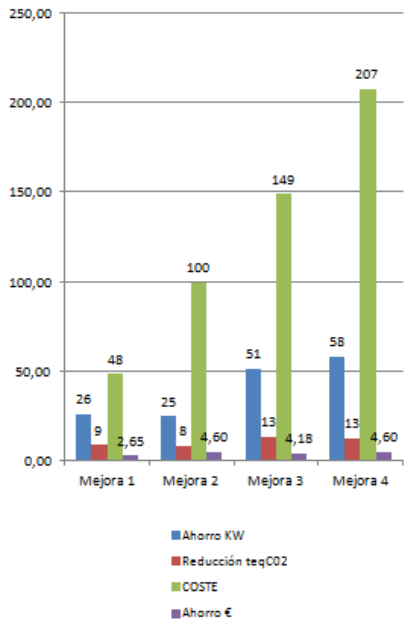


Figura 4.5 Balance ahorro demanda energética (kWh), ahorro emisiones (teqCO2), coste (€) y ahorro económico.

Según la tabla 4.7 analizamos el balance energético junto con el balance de emisiones de gases con efecto invernadero (teqCO2), llegamos a la conclusión que la Medida 3 (aislamiento térmico de cubierta y sustitución de ventanas) es la más sostenible a nivel económico y medioambiental (sin considerar el análisis de ciclo de vida de los materiales).

No obstante si tenemos en cuenta la relación entre reducción de emisiones de CO2, ahorro en KW y coste optaríamos por la ***Propuesta 1*** que se puede interpretar ***como primera fase de la Propuesta 3.***

Plan de acción

No	Descripción	Rapidez implantación	Coste	Potencial reducción consumo	Potencial reducción emisiones
1	Reducción temperatura consigna de 21ºC a 20ºC	Rápido		Alto	Alto
2	Redistribución mobiliario para favorecer convección radiadores y acceso persianas y cortinas graduables.	Rápido		Bajo	Bajo
3	Instalación de aireadores en grifos	Rápido	Bajo	Medio	Bajo
4	Sustitución bombillas incandescentes por bajo consumo	Rápido	Bajo	Medio	Bajo
5	Sustitución de persianas graduables	Rápido	Bajo	Medio	Medio
6	Instalación detectores de presencia en espacios comunes	Media	Bajo	Medio	Bajo
7	Sensibilización en materia reducción consumo iluminación y consumo eléctrico fantasma	Rápido	Bajo	Alto	Medio
8	Conexión equipo electrónico a regletas con interruptor y/o instalación de temporizadores	Rápido	Bajo	Alto	Medio
9	Sustitución gases HCFC por HFC en condensadores	Rápido	Medio	Bajo	Medio
10	Renovación aislamiento exterior tubería agua para radiadores	Rápido	Bajo	Medio	Medio
11	Rehabilitación energética cubierta	Lento	Medio	Alto	Alto
12	Trasdosado muro galería	Medio	Medio	Medio	Bajo
13	Sustitución ventanas por 4+12+6 mm con marco PVC	Lento	Alto	Alto	Alto
14	Instalación persianas exteriores graduables en fachada SE	Medio	Alto	Alto	Alto
15	Mejora confort acústico en aulas trasdosando pared separación	Medio	Medio	Bajo	Bajo
16	Mejora absorción acústica en aulas mediante sustitución Heraklith por Rockfon.	Medio	Alto	Bajo	Bajo

Tabla 4.8 Plan de acción con medidas de mejoras de ahorro energético

5 Bibliografía

Olgay, Victor. (1989), Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona, Gustavo Gili, 1998.

Serra, R, Coch, H. Arquitectura i energia natural. Barcelona, Edicions UPC. 1996.

A Green Vitruvius. Principels and Practice of Sustainable architecture. James & James, 1999.

David M. Concepts in Architectural Lightning, 2000.

Guia de l'edificació sostenible. Barcelona, Institut Cerdà, 1999.

Informe sobre energía y Sostenibildad en España. OSE, 2010

Guía de ahorro y eficiencia energética en oficinas. WWF y Ministerio de Vivienda de España.

Guía técnica de eficiencia energética en iluminación en oficinas. Idae.

Guía técnica de eficiencia energética en iluminación en Centros Docentes.

Guía pràctica de la energía. Consumo eficiente y responsable.

UNE- EN-12154-1:2002

UNE-72-183-84

UNE-72-112-85

Guía técnica para la evaluación de los riesgos relativos al uso de los distintos lugares de trabajo.

Norma reglamentaria d'edificació sobre aïllament tèrmica NRE-AT-87

Directiva de ahorro y eficiencia energética 2002/91/CE

Código técnico de la construcción. DBHE1, DBHS (03/2006) y DBHR (10/2008)

RITE. Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios e instrucciones técnicas complementarias. RD 1027/200 (09/2007)

Calificación energética de edificios. RD 47/2007 (11/200)

Decreto de ecoeficiencia de la Generalitat de Catalunya (02/2006)

Webs:

www.codigotecnico.org
www.icaen.es
www.upc.es/mediambient
www.apabcn.com